

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

09/550,167

#4  
M. H. Lee  
7-10-00

Inventors: Hiroaki SUDO et al.

Application No.: New Patent Application

Filed: April 14, 2000

For: OFDM COMMUNICATION APPARATUS

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner of Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 11-215459, Filed July 29, 1999.

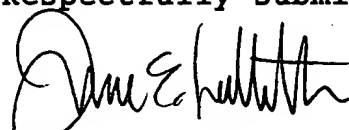
In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 USC 119 have been

Claim for Priority - H. SUDO et al.  
April 14, 2000  
Page 2

fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly  
acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,



James E. Ledbetter  
Registration No. 28,732

Date: April 14, 2000

JEL/lmq

Attorney Docket No. JEL 31064

STEVENS DAVIS, MILLER & MOSHER, L.L.P.  
1615 L Street, N.W., Suite 850  
P.O. Box 34387  
Washington, D.C. 20043-4387  
Telephone: (202) 408-5100  
Facsimile: (202) 408-5200

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JCS71 U.S. PTO

09/550167



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
in this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月29日

願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第215459号

願 人

Applicant(s):

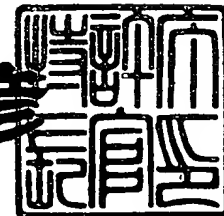
松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 2月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3005757

【書類名】 特許願

【整理番号】 2906415153

【提出日】 平成11年 7月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 11/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号 松下通信工業株式会社内

【氏名】 須藤 浩章

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1号 松下通信工業株式会社内

【氏名】 石川 公彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105050

【弁理士】

【氏名又は名称】 鷺田 公一

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第308913号

【出願日】 平成10年10月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041243

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

特平 1 1 - 2 1 5 4 5 9

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9700376

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同期引き込みに用いられるシンボルを有効シンボルに付加する付加手段、及び前記シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入する挿入手段を有する送信機と、受信信号を用いて相関値を算出する相関値算出手段、及び前記算出結果についてしきい値判定を行うことによりシンボル同期をとるシンボル同期手段を有する受信機と、を具備することを特徴とする OFDM 通信装置。

【請求項 2】 前記付加手段は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、同期用シンボル及び前記同期用シンボルと同じ信号である位相基準シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記受信信号を単位シンボル遅延させる手段を具備し、前記受信信号と単位シンボル遅延させた受信信号との相関をとることを特徴とする請求項 1 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 3】 前記付加手段は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、同期用シンボル及び前記同期用シンボルと同じ信号である位相基準シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記位相基準シンボルを IFFT 処理する手段を具備し、前記受信信号と IFFT 処理された位相基準シンボルとの相関をとることを特徴とする請求項 1 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 4】 前記相関値算出手段は、前記 IFFT 処理された位相基準シンボルを硬判定する手段を具備し、前記受信信号と IFFT 処理及び硬判定された位相基準シンボルとの相関をとることを特徴とする請求項 3 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 5】 前記送信機は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、同期用シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記同期用シンボルを IFFT 処理する手段を具備し、前記受信信号と IFFT 処理された同期用シンボルとの相関をとることを特徴とする請求項 1 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 6】 前記送信機は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、 $1/n$  周期で同じ波形が繰り返される同期用シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記受信信号を  $1/n$  単位シンボル遅延させる手段を具備し、前記受信信

号と  $1/n$  単位シンボル遅延させた受信信号との相関をとることを特徴とする請求項 1 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 7】 前記相関値抑制用信号の区間は、前記位相基準シンボル周期よりも短いことを特徴とする請求項 2 から請求項 4 のいずれかに記載の OFDM 通信装置。

【請求項 8】 前記相関値抑制用信号の区間は、前記同期用シンボル周期よりも短いことを特徴とする請求項 5 又は請求項 6 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 9】 前記受信機は、受信信号のレベルを検出する手段を具備し、前記シンボル同期手段は、前記レベルの情報と前記しきい値判定の結果に基づいてシンボル同期をとることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の OFDM 通信装置。

【請求項 10】 前記送信機は、通信環境に応じて適応的に前記相関値抑制用信号の区間を変える手段を具備することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の OFDM 通信装置。

【請求項 11】 前記送信機は、通信環境に応じて前記相関値抑制用信号のレベルを上げる手段を具備することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれかに記載の OFDM 通信装置。

【請求項 12】 前記送信機は、前記相関値抑制用信号のレベルを変える手段を具備することを特徴とする請求項 11 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 13】 前記送信機は、受信信号の品質情報を平均する手段を具備し、求められた平均値に基づいて前記相関値抑制用信号のレベルを上げることを特徴とする請求項 11 に記載の OFDM 通信装置。

【請求項 14】 前記相関値抑制用信号は、ヌルシンボル、ヌル信号、前記同期引き込みに用いられるシンボルの極性反転した反転シンボル、及び前記同期引き込みに用いられるシンボルの極性反転した反転信号からなる群より選ばれたものであることを特徴とする請求項 1 から請求項 13 のいずれかに記載の OFDM 通信装置。

【請求項 15】 請求項 1 から請求項 14 のいずれかに記載の OFDM 通信装置を備えたことを特徴とする基地局装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 から請求項 1 4 のいずれかに記載の OFDM 通信装置を備えたことを特徴とする通信端末装置。

【請求項 1 7】 同期引き込みに用いられるシンボルを有効シンボルに付加する工程、及び前記シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入する工程を有する送信工程と、受信信号を用いて相関値を算出する工程、及び前記算出結果についてしきい値判定を行うことによりシンボル同期をとる工程を有する受信工程と、を具備することを特徴とする OFDM 通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無線通信システムにおいて使用される OFDM 通信装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

図 2 1 を用いて従来の OFDM 通信装置について説明する。図 2 1 は、従来の OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。

【0 0 0 3】

図 2 1 に示す OFDM 通信装置においては、まず、各サブキャリア毎の情報信号は、変調部 1 で、例えば、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や QAM (Quadrature Amplitude Modulation) などデジタル変調処理された後、同期用シンボル挿入部 2 で同期用シンボルが挿入される。

【0 0 0 4】

同期用シンボルが挿入された信号は、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 部 3 で IFFT 演算されて OFDM 信号となる。この OFDM 信号は、ガード区間挿入部 4 でガードインターバルが挿入される。この信号のフレームは、図 2 2 に示すようになり、同期用シンボル 2 1 と、位相基準シンボル又はパイロットシンボル 2 2 と、ガードインターバル (ガード区間) 2 3 と、有効シンボル 2 4 とで構成されている。

【0 0 0 5】

ガードインターバルが挿入された信号は D/A 変換部 5 で D/A 変換されてベ

ースバンド信号となる。このベースバンド信号は、図示しない無線送信部で通常の無線送信処理がなされて送信信号としてアンテナを介して送信される。

## 【 0 0 0 6 】

アンテナを介して受信された信号は、図示しない無線受信部で通常の無線受信処理がなされてベースバンド信号となる。このベースバンド信号は、直交検波器で直交検波処理され、ローパス・フィルタで不要周波数成分が除去される（直交検波器及びローパス・フィルタはいずれも図示しない）。このベースバンド信号は、A/D変換部6でA/D変換される。なお、直交検波処理により受信信号は同相成分と直交成分に分かれるが図面では一つの信号経路としている。

## 【 0 0 0 7 】

このベースバンド信号は、FFT(Fast Fourier Transform)部12でFFT演算されて、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。このとき、ベースバンド信号は、遅延部7により遅延されて乗算器8に送られ、乗算結果が積算部9で積算される。そして、積算結果が、減算器10に送られて、しきい値との間で減算処理され、判定部11でしきい値判定される。そして、この判定結果がFFT部12に送られる。

## 【 0 0 0 8 】

FFT部12でFFT演算された信号は、復調部13に送られ、遅延検波処理され、判定部14で1ビット前の信号と異なるかどうか判定されて復調信号となる。

## 【 0 0 0 9 】

上記構成を有するOFDM通信装置において、シンボル同期をとる場合、まず、FFT演算前のベースバンド信号と、FFT処理前の信号を遅延部7で1シンボルだけ遅延させた信号とを乗算部8に送り、そこで複素乗算処理を行なう。

## 【 0 0 1 0 】

次いで、乗算部8の出力を積算部9に送り、複素乗算結果を積算する。ここで、位相基準シンボルは、同期用シンボルと同じ信号であるため、両者の積算結果は、図23のA部に示すように、1シンボル遅延させた信号の位相基準シンボルでピークを生じる。したがって、積算結果がしきい値を超えるタイミングを検出

することによって、シンボル同期を確立することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、数十もの遅延波が受信されてくる状況下においては、信号パワの  
高いものが含まれていることがある。この場合、しきい値判定は、相関結果の  
パワを用いて行なうので、パワの高い信号がしきい値を超えてしまうことが考え  
られる。このような場合には、パワの高い信号でシンボル同期をとってしまい、  
正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができず、同期ずれを起こすこ  
とがある。

【0012】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、数十もの遅延波が受信されて  
くる状況下においても、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ  
、同期ずれを防止することができる O F D M 通信装置を提供することを目的とす  
る。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の O F D M 通信装置は、同期引き込みに用いられるシンボルを有効シン  
ボルに付加する付加手段、及び前記シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入す  
る挿入手段を有する送信機と、受信信号を用いて相関値を算出する相関値算出手  
段、及び前記算出結果についてしきい値判定を行うことによりシンボル同期をと  
るシンボル同期手段を有する受信機と、を具備することを特徴とする

【0014】

本発明によれば、同期引き込み（遅延検波）に用いるシンボルの直後に相関値  
抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減する  
ことができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値  
を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に F F T 処理開始タイミ  
ングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【0015】

本発明の O F D M 通信装置は、前記付加手段は、同期引き込みに用いられるシ

ンボルとして、同期用シンボル及び前記同期用シンボルと同じ信号である位相基準シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記受信信号を単位シンボル遅延させる手段を具備し、前記受信信号と単位シンボル遅延させた受信信号との相関をとることを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、同期引き込み方法として、受信信号とこの受信信号を単位シンボル遅延させた信号との相関結果の最大値を検出する方法を用いた場合においても、同期引き込みに用いるシンボルすなわち位相基準シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記付加手段は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、同期用シンボル及び前記同期用シンボルと同じ信号である位相基準シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記位相基準シンボルを I F F T 処理する手段を具備し、前記受信信号と I F F T 処理された位相基準シンボルとの相関をとることを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

本発明によれば、同期引き込み方法として、受信信号と位相基準シンボルを I F F T 処理した信号との相関結果の最大値を検出する方法を用いた場合においても、同期引き込みに用いるシンボルすなわち位相基準シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記相関値算出手段は、前記 I F F T 処理された位相基準シンボルを硬判定する手段を具備し、前記受信信号と I F F T 処理及び硬判定された位相基準シンボルとの相関をとることを特徴とする。

## 【 0 0 2 0 】

本発明によれば、同期引き込み方法として、受信信号と位相基準シンボルを I F F T 処理した信号との相関結果の最大値を検出する方法を用いた場合において、相関値を算出する手段を乗算器を用いることなく実現するので、ハード規模を抑えることができる。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の O F D M 通信装置は、前記送信機は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、同期用シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記同期用シンボルを I F F T 処理する手段を具備し、前記受信信号と I F F T 処理された同期用シンボルとの相関をとることを特徴とする。

## 【 0 0 2 2 】

本発明によれば、同期引き込み方法として、受信信号と同期用シンボルを I F F T 処理した信号との相関結果の最大値を検出する方法を用いた場合においても、同期引き込みに用いるシンボルすなわち同期用シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。

## 【 0 0 2 3 】

本発明の O F D M 通信装置は、前記送信機は、同期引き込みに用いられるシンボルとして、 $1/n$  周期で同じ波形が繰り返される同期用シンボルを用い、前記相関値算出手段は、前記受信信号を  $1/n$  単位シンボル遅延させる手段を具備し、前記受信信号と  $1/n$  単位シンボル遅延させた受信信号との相関をとることを特徴とする。

## 【 0 0 2 4 】

本発明によれば、同期引き込み方法として、受信信号と同期用シンボルを  $1/n$  単位シンボル遅延させた信号との相関結果の最大値を検出する方法を用いた場合においても、同期引き込みに用いるシンボルすなわち同期用シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。

【 0 0 2 5 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記相関値抑制用信号の区間は、前記位相基準シンボル周期よりも短いことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本発明によれば、位相基準シンボルの直後に挿入する相関値抑制用信号は、位相基準シンボル周期よりも短いので、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

【 0 0 2 7 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記相関値抑制用信号の区間は、前記同期用シンボル周期よりも短いことを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本発明によれば、同期用シンボルの直後に挿入する相関値抑制用信号は、同期用シンボル周期よりも短いので、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

【 0 0 2 9 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記受信機は、受信信号のレベルを検出する手段を具備し、前記シンボル同期手段は、前記レベルの情報と前記しきい値判定の結果に基づいてシンボル同期をとることを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

本発明によれば、受信信号のレベル検出を行なうので、相関結果の高いものを正確に検出することができ、より正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができる。

【 0 0 3 1 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記送信機は、通信環境に応じて適応的に前記相関値抑制用信号の区間を変える手段を具備することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

本発明によれば、相関値抑制用信号の挿入の切り換えを行なうことができるので、信号フレームにおける相関値抑制用信号の区間を適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。

【 0 0 3 3 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記送信機は、通信環境に応じて前記相関値抑制用信号のレベルを上げる手段を具備することを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

本発明によれば、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に利得の高い相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【 0 0 3 5 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記送信機は、前記相関値抑制用信号のレベルを変える手段を具備することを特徴とする。

【 0 0 3 6 】

本発明によれば、相関値抑制用信号のレベルの切り換えを行なって相関値抑制用信号のレベルを適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。

【 0 0 3 7 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記送信機は、受信信号の品質情報を平均する手段を具備し、求められた平均値に基づいて前記相関値抑制用信号のレベルを上げることを特徴とする。

【 0 0 3 8 】

本発明によれば、突発的にしきい値を超えたことにより、相関値抑制用信号の利得を上げてしまうことを防止できる。これにより、他への干渉を小さくすることができる。

【 0 0 3 9 】

本発明の OFDM 通信装置は、前記相関値抑制用信号は、ヌルシンボル、ヌル信号、前記同期引き込みに用いられるシンボルの極性反転した反転シンボル、及び前記同期引き込みに用いられるシンボルの極性反転した反転信号からなる群より選ばれたものであることを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

本発明によれば、受信信号を用いた相関値を算出してシンボル同期を取る際に、相関結果を小さくさせて、確実にシンボル同期を取ることができる。

【 0 0 4 1 】

本発明の基地局装置は、上記いずれかの OFDM 通信装置を備えたことを特徴とする。本発明の通信端末装置は、上記いずれかの OFDM 通信装置を備えたことを特徴とする。

【 0 0 4 2 】

本発明によれば、同期ずれのないシンボル同期をとることができる。

【 0 0 4 3 】

本発明の OFDM 通信方法は、同期引き込みに用いられるシンボルを有効シンボルに付加する工程、及び前記シンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入する工程を有する送信工程と、受信信号を用いて相関値を算出する工程、及び前記算出結果についてしきい値判定を行うことによりシンボル同期をとる工程を有する受信工程と、を具備することを特徴とする。

【 0 0 4 4 】

本発明によれば、同期引き込み（遅延検波）に用いるシンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【 0 0 4 5 】

【発明の実施の形態】

本発明の骨子は、送信する信号において、同期引き込みに用いられるシンボルの直後に相関値抑制用信号を挿入するようにしたことである。この結果、受信側において、受信信号を用いた相関値処理を行ってシンボル同期をとる際に、信号パワが高い信号についての相関結果を小さくさせて、受信信号における上記シンボルを用いた相関値結果のみにピークが現れるようにすることができる。これにより、正確に FFT 処理開始タイミングを検出して、同期ずれのないシンボル同

期を実現する。

【 0 0 4 6 】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 4 7 】

まず、各サブキャリア毎の情報信号は、変調部 1 0 1 で、例えば、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や QAM (Quadrature Amplitude Modulation) などデジタル変調処理された後、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボルが付加され、その後、0 シンボル挿入部 1 0 3 で相関値抑制用信号である 0 シンボルが付加される。

【 0 0 4 8 】

所定のシンボルが挿入された信号は、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 部 1 0 4 で IFFT 演算されて OFDM 信号となる。この OFDM 信号は、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバルが挿入される。ガードインターバルが挿入された信号は D/A 変換部 1 0 6 で D/A 変換されてベースバンド信号となる。このベースバンド信号は、図示しない無線送信部で通常の無線送信処理がなされて送信信号としてアンテナを介して送信される。

【 0 0 4 9 】

アンテナを介して受信された信号は、図示しない無線受信部で通常の無線受信処理がなされてベースバンド信号となる。このベースバンド信号は、直交検波器で直交検波処理され、ローパス・フィルタで不要周波数成分が除去される (直交検波器及びローパス・フィルタはいずれも図示しない)。このベースバンド信号は、A/D 変換部 1 0 7 で A/D 変換される。なお、直交検波処理により受信信号は同相成分と直交成分に分かれるが図面では一つの信号経路としている。

【 0 0 5 0 】

このベースバンド信号は、FFT (Fast Fourier Transform) 部 1 1 3 で FFT 演算されて、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。このとき、ベ-

スバンド信号は、遅延部 1 0 8 により遅延されて乗算器 1 0 9 に送られ、乗算結果が積算部 1 1 0 で積算される。そして、積算結果が、減算器 1 1 1 に送られて、しきい値との間で減算処理され、判定部 1 1 2 でしきい値判定される。そして、この判定結果が F F T 部 1 1 3 に送られる。

## 【 0 0 5 1 】

F F T 部 1 1 3 で F F T 演算された信号は、復調部 1 1 4 に送られ、遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と異なるかどうか判定されて復調信号となる。

## 【 0 0 5 2 】

次に、上記構成を有する O F D M 通信装置の動作について図 1 及び図 2 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。この同期用シンボル挿入部 1 0 2 は、スイッチで構成されており、同期用シンボル 2 0 1 を挿入する旨の制御信号 1 が入力されたときにスイッチが切り換わり、同期用シンボル 2 0 1 を挿入するようになっている。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。この位相基準シンボル 2 0 2 は、同期用シンボル 2 0 1 と同一の信号である。また、この位相基準シンボル 2 0 2 の挿入は、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同様に行われる。

## 【 0 0 5 3 】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号には、0 シンボル挿入部 1 0 3 で 0 シンボル 2 0 3 が挿入される。この 0 シンボル挿入部 1 0 3 は、スイッチで構成されており、0 シンボル 2 0 3 を挿入する旨の制御信号 2 が入力されたときにスイッチが切り換わり、0 シンボル 2 0 3 を挿入するようになっている。

## 【 0 0 5 4 】

このように同期用シンボル 2 0 1 及び 0 シンボル 2 0 3 が挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。すなわち、I F F T 部 1 0 4 では、周波数軸上において位相と振幅の情報を含む複素数データを各シンボル期間ごとに時間軸上へ I F F T 変換することにより、時間軸上の信号波形を得る。

## 【 0 0 5 5 】

次いで、IFFT変換された信号波形には、ガード区間挿入部105でガードインターバル（ガード区間）204が挿入される。具体的には、有効シンボル205の後端部の一部の波形をガードインターバル204として挿入する。このように、遅延時間を許容するガードインターバル204を挿入することにより、ビット誤り率の増加を抑えることができ、耐マルチパス性を向上させることができる。

## 【0056】

次いで、このようにガードインターバルを挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0057】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。すなわち、受信信号は、図示しない無線受信部で増幅、周波数変換、及びA/D変換されてベースバンド信号となる。なお、上述したように、受信信号は、図示しない直交検波器で同相成分と直交成分に分けられてそれぞれ処理されるが、図においては、一つの経路で表わしている。

## 【0058】

ここで、ベースバンド信号については、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。以下、このシンボル同期の確立方法（同期引き込み方法）について説明する。

## 【0059】

まず、FFT演算前のベースバンド信号と、FFT処理前の信号を遅延部108で、例えば1シンボルだけ遅延させた信号とを乗算部109に送り、そこで複素乗算処理を行なう。

## 【0060】

次いで、乗算部109の出力を積算部110に送り、複素乗算結果を積算する。ここで、位相基準シンボルは、同期用シンボルと同じ信号であるため、両者の積算結果は、図23のA部に示すように、単位シンボル（ここでは1シンボル）

遅延させた信号の位相基準シンボルでピークを生じる。したがって、積算結果がしきい値を超えるタイミングを検出することによって、シンボル同期を確立することができる。

#### 【0061】

したがって、積算110の出力である積算結果を減算部111に送り、そこで所定のしきい値と減算処理し、その減算結果を判定部112に送り、そこで大小判定が行なう。これにより、積算結果に対するしきい判定がなされ、しきい値を超えたタイミングをFFT部113におけるFFT処理開始タイミングとすることができる。このようにして、送信側と受信側とでシンボル同期を合わせてFFTを開始するようにタイミングを取る。

#### 【0062】

本実施の形態においては、図2に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル202の後に0シンボル203が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号と1シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の0シンボルと位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、0シンボルとの間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くて、相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができる。

#### 【0063】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部113において、上記FFT処理開始タイミングからFFT処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部114に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部115で1ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

#### 【0064】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に0シンボルを挿入しているので、同期タイミング位置付近の相

関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

#### 【 0 0 6 5 】

##### (実施の形態 2)

本実施の形態においては、位相基準シンボル直後に位相基準シンボル周期より短い区間の 0 信号を挿入する場合について説明する。

#### 【 0 0 6 6 】

図 3 は、本発明の実施の形態 2 に係る O F D M 通信装置の構成を示すブロック図である。図 3 において、図 1 と同じ部分は図 1 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

#### 【 0 0 6 7 】

図 3 に示す O F D M 通信装置では、送信部において、同期用シンボルを挿入した信号に対して I F F T 処理を施し、ガードインターバルを挿入した後に、0 信号を挿入する。このため、0 シンボル挿入部 1 0 2 を削除し、ガード区間挿入部 1 0 5 の後段に 0 信号挿入部 3 0 1 を設けている。

#### 【 0 0 6 8 】

次に、上記構成を有する O F D M 通信装置の動作について図 3 及び図 4 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にして、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。この位相基準シンボル 2 0 2 は、同期用シンボル 2 0 1 と同一の信号である。また、この位相基準シンボル 2 0 2 の挿入は、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同様に行われる。

#### 【 0 0 6 9 】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。次いで、I F F T 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

## 【0070】

次いで、ガードインターバルを挿入した信号は、0信号挿入部301で相関値抑制用信号である0信号が挿入される。この0信号挿入部301は、スイッチで構成されており、0信号401を挿入する旨の制御信号3が入力されたときにスイッチが切り換わり、0信号401を挿入するようになっている。この0信号401の区間は、位相基準シンボル202の周期よりも短く設定されている。例えば、1/4シンボル程度に設定することが好ましい。これにより、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

## 【0071】

次いで、このように0信号を挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0072】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態1と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

## 【0073】

本実施の形態においては、図4に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル202の後に0信号401が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号と1シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の0信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、0信号との間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くても、相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができる。

## 【0074】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部113において、上記F

F T 処理開始タイミングから F F T 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

## 【 0 0 7 5 】

このように、本実施の形態の O F D M 通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に 0 信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。さらに、位相基準シンボルの直後に挿入する 0 信号は、位相基準シンボル周期よりも短いので、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

## 【 0 0 7 6 】

## (実施の形態 3)

本実施の形態においては、受信レベル情報をシンボル同期獲得の際に用いる場合について説明する。

## 【 0 0 7 7 】

図 5 は、本発明の実施の形態 3 に係る O F D M 通信装置の構成を示すブロック図である。図 5 において、図 3 と同じ部分は図 3 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【 0 0 7 8 】

図 5 に示す O F D M 通信装置は、受信部において、ベースバンド信号の受信レベルを検出するレベル検出部 5 0 1、検出されたレベルと所定のしきい値とを比較する減算部 5 0 2 と、減算結果の大小判定を行なう判定部 5 0 3 と、判定部 5 0 3 の判定結果と F F T 処理開始タイミング検出のための判定結果との間の論理積を算出する論理積部 5 0 4 とを含む。

## 【 0 0 7 9 】

次に、上記構成を有する O F D M 通信装置の動作について図 5 を用いて説明する。

【 0 0 8 0 】

送信側については、実施の形態 2 と同様である。したがって、送信される信号におけるフレーム構成は、図 4 に示すようになる。

【 0 0 8 1 】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の有線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

【 0 0 8 2 】

本実施の形態においては、ベースバンド信号がレベル検出部 5 0 1 に送られ、レベル検出され、そのレベルが減算部 5 0 2 に送られて所定のしきい値との間で減算処理される。この減算結果が判定部 5 0 3 に送られて大小判定される。すなわち、検出されたレベルについてしきい値判定がなされる。

【 0 0 8 3 】

また、実施の形態 2 と同様にして、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間の相関結果のしきい値判定を行なう。上記レベルのしきい値判定の結果と相関結果のしきい値判定の結果とが論理積部 5 0 4 に送られ、その論理積情報が F F T 部 1 1 3 に送られる。すなわち、レベル検出のしきい値判定において、しきい値より低く、相関結果のしきい値判定において、しきい値より高い時に、F F T 処理開始タイミングとなる。

【 0 0 8 4 】

A / D 変換処理されたベースバンド信号は、F F T 部 1 1 3 において、上記 F F T 処理開始タイミングから F F T 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

【 0 0 8 5 】

このように、本実施の形態の O F D M 通信装置は、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができ、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。また

、位相基準シンボルの直後に挿入する 0 信号は、位相基準シンボル周期よりも短いので、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。さらに、受信信号のレベル検出を行なうので、相関結果の高いものを正確に検出することができ、より正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができる。

【 0 0 8 6 】

(実施の形態 4)

本実施の形態においては、0 信号を挿入する区間の長さを可変とする場合について説明する。

【 0 0 8 7 】

図 6 は、本発明の実施の形態 4 に係る O F D M 通信装置の構成を示すブロック図である。図 6 において、図 3 と同じ部分は図 3 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

【 0 0 8 8 】

図 6 に示す O F D M 通信装置は、判定部 1 1 5 における判定前の信号と判定後の信号との差分をとる第 1 減算部 6 0 5 と、この減算結果と所定のしきい値との間で減算処理を行なう第 2 減算部 6 0 4 と、この第 2 減算部の減算結果の大小判定を行なう判定部 6 0 3 と、この判定結果に応じて 0 信号を挿入するかどうかを切り換えるスイッチ 6 0 2 と、位相基準シンボル直後に 0 信号を挿入する 0 信号挿入部 6 0 1 とを含む。

【 0 0 8 9 】

0 信号挿入部 6 0 1 は、スイッチで構成されており、0 信号を挿入する旨の制御信号 3 がスイッチ 6 0 2 に入力されたときにスイッチが切り換わり、0 信号を挿入するようになっている。また、スイッチ 6 0 2 は、判定部 6 0 3 の判定結果に基づいて 0 信号を挿入する旨の制御信号 3 と 0 信号を挿入しない旨の制御信号 4 とにより切り換えを行なう。

【 0 0 9 0 】

次に、上記構成を有する O F D M 通信装置の動作について図 6 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にして、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期

用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。

【 0 0 9 1 】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。次いで、I F F T 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

【 0 0 9 2 】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

【 0 0 9 3 】

本実施の形態においては、図 4 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に 0 信号 4 0 1 が挿入されている。このため、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の 0 信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。

【 0 0 9 4 】

A / D 変換処理されたベースバンド信号は、F F T 部 1 1 3 において、上記 F F T 処理開始タイミングから F F T 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

【 0 0 9 5 】

上記の場合において、判定前後の信号が第 1 減算部 6 0 5 に送られて、両者の差分が求められる。この差分は第 2 減算部 6 0 4 に送られて、しきい値と比較される。この比較結果が判定部 6 0 3 で判定される。このしきい値よりも差分が大きい場合には、通信環境が悪いと判断して、すなわち 0 信号の区間が短いと判断して 0 信号の区間を長くするような制御を行なう。

【 0 0 9 6 】

具体的には、0 信号の区間を長くする場合には、スイッチ 6 0 2 に制御信号 3 を入力してスイッチ 6 0 2 を切り換えて、0 信号挿入部 6 0 1 で 0 信号を挿入す

る。一方、0信号を長くする必要がない場合には、スイッチ602に制御信号4を入力してスイッチ602を切り換えて、0信号挿入部601で0信号を挿入しないようにする。このようにして、信号フレームにおいて0信号の区間を適応的に可変させることが可能となる。

## 【0097】

次いで、このように0信号を挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0098】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に0信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができ、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止する。また、0信号の挿入の切り換えを行なうことができるので、信号フレームにおける0信号の区間を適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。

## 【0099】

## (実施の形態5)

本実施の形態においては、位相基準シンボルの直後に、相関値抑制用信号である、位相基準シンボルを極性反転させたシンボルを挿入する場合について説明する。

## 【0100】

図7は、本発明の実施の形態5に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図である。図7において、図1と同じ部分は図1と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【0101】

図7に示すOFDM通信装置では、送信部において、同期用シンボルを挿入した信号に対して反転シンボルを挿入する。このため、0シンボル挿入部102の代わりに、反転シンボル挿入部701を設けている。この反転シンボル挿入部7

0 1 は、スイッチで構成されており、反転シンボルを挿入する旨の制御信号 2 が入力されたときにスイッチが切り換わり、反転シンボルを挿入するようになっている。

#### 【0 1 0 2】

次に、上記構成を有する OFDM 通信装置の動作について図 7 及び図 8 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にして、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。この位相基準シンボル 2 0 2 は、同期用シンボル 2 0 1 と同一の信号である。また、この位相基準シンボル 2 0 2 の挿入は、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同様に行われる。

#### 【0 1 0 3】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号には、反転シンボル挿入部 7 0 1 で位相基準シンボルを反転した反転シンボル 8 0 1 が挿入される。これらのシンボルが挿入された信号は、IFFT 部 1 0 4 に送られ、IFFT 演算される。次いで、IFFT 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

#### 【0 1 0 4】

次いで、このようにガードインターバル 2 0 4 を挿入した信号は、D/A 変換部 1 0 6 で D/A 変換される。その後、D/A 変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

#### 【0 1 0 5】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

#### 【0 1 0 6】

本実施の形態においては、図 8 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に反転シンボル 8 0 1 が挿入されている。したがって

、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号と1シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転シンボルと位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、反転シンボルとの間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くて、両者は打ち消されて相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができる。

## 【0107】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部113において、上記FFT処理開始タイミングからFFT処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部114に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部115で1ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

## 【0108】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に位相基準シンボルを反転した反転シンボルを挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を打ち消して低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

## 【0109】

## (実施の形態6)

本実施の形態においては、位相基準シンボル直後に位相基準シンボル周期より短い区間の反転信号を挿入する場合について説明する。

## 【0110】

図9は、本発明の実施の形態6に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図である。図9において、図7と同じ部分は図7と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【0111】

図9に示すOFDM通信装置では、送信部において、同期用シンボルを挿入した信号に対してIFFT処理を施し、ガードインターバルを挿入した後に、反転信号を挿入する。このため、反転シンボル挿入部701を削除し、ガード区間挿入部105の後段に反転信号挿入部901を設けている。

#### 【0112】

次に、上記構成を有するOFDM通信装置の動作について図9及び図10を用いて説明する。変調部101でデジタル変調された信号には、実施の形態1と同様にして、同期シンボル挿入部102で同期用シンボル201が挿入される。なお、同期用シンボル201の後には、位相基準シンボル202が挿入される。この位相基準シンボル202は、同期用シンボル201と同一の信号である。また、この位相基準シンボル202の挿入は、同期シンボル挿入部102で同様に行われる。

#### 【0113】

同期シンボル201が挿入された信号は、IFFT部104に送られ、IFFT演算される。次いで、IFFT変換された信号波形には、ガード区間挿入部105でガードインターバル（ガード区間）204が挿入される。

#### 【0114】

次いで、ガードインターバルを挿入した信号は、反転信号挿入部901で相関値抑制用信号である反転信号が挿入される。この反転信号挿入部901は、スイッチで構成されており、反転信号1001を挿入する旨の制御信号3が入力されたときにスイッチが切り換わり、反転信号1001を挿入するようになっている。この反転信号1001の区間は、位相基準シンボル202の周期よりも短く設定されている。例えば、1/4シンボル程度に設定することが好ましい。これにより、追加の信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

#### 【0115】

次いで、このように反転信号を挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0116】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態1と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

## 【0117】

本実施の形態においては、図10に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル202の後に反転信号1001が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号と1シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、反転信号との間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くても、両者が打ち消しあって相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができる。

## 【0118】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部113において、上記FFT処理開始タイミングからFFT処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部114に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部115で1ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

## 【0119】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に反転信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。さらに、位相基準シンボルの直後に挿入する反転信号は、位相基準シンボル周期よりも短いので、パワのない信号を送る区間をできるだけ短くすることができる。

## 【 0 1 2 0 】

## (実施の形態 7)

本実施の形態においては、反転信号を挿入する区間の長さを可変とする場合について説明する。

## 【 0 1 2 1 】

図 1 1 は、本発明の実施の形態 7 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。図 1 1 において、図 6 と同じ部分は図 6 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【 0 1 2 2 】

図 1 1 に示す OFDM 通信装置は、判定部 1 1 5 における判定前の信号と判定後の信号との差分をとる第 1 減算部 1 1 0 5 と、この減算結果と所定のしきい値との間で減算処理を行なう第 2 減算部 1 1 0 4 と、この第 2 減算部の減算結果の大小判定を行なう判定部 1 1 0 3 と、この判定結果に応じて反転信号を挿入するかどうかを切り換えるスイッチ 1 1 0 2 と、位相基準シンボル直後に反転信号を挿入する反転信号挿入部 1 1 0 1 とを含む。

## 【 0 1 2 3 】

反転信号挿入部 1 1 0 1 は、スイッチで構成されており、反転信号を挿入する旨の制御信号 3 がスイッチ 1 1 0 2 に入力されたときにスイッチが切り換わり、反転信号を挿入するようになっている。また、スイッチ 1 1 0 2 は、判定部 1 1 0 3 の判定結果に基づいて反転信号を挿入する旨の制御信号 3 と反転信号を挿入しない旨の制御信号 4 とにより切り換えを行なう。

## 【 0 1 2 4 】

次に、上記構成を有する OFDM 通信装置の動作について図 1 1 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にし、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。

## 【 0 1 2 5 】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、IFFT 部 1 0 4 に送られ、IFFT 演算される。次いで、IFFT 変換された信号波形には、ガード区間挿入部

1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

【0 1 2 6】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

【0 1 2 7】

本実施の形態においては、図 1 0 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に反転信号 1 0 0 1 が挿入されている。このため、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。

【0 1 2 8】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部 1 1 3 において、上記 FFT処理開始タイミングから FFT処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

【0 1 2 9】

上記の場合において、判定前後の信号が第 1 減算部 1 1 0 5 に送られて、両者の差分が求められる。この差分は第 2 減算部 1 1 0 4 に送られて、しきい値と比較される。この比較結果が判定部 1 1 0 3 で判定される。このしきい値よりも差分が大きい場合には、通信環境が悪いと判断して、すなわち反転信号の区間が短いと判断して反転信号の区間を長くするような制御を行なう。

【0 1 3 0】

具体的には、反転信号の区間を長くする場合には、スイッチ 1 1 0 2 に制御信号 3 を入力してスイッチ 1 1 0 2 を切り換えて、反転信号挿入部 1 1 0 1 で反転信号を挿入する。一方、反転信号を長くする必要がない場合には、スイッチ 1 1 0 2 に制御信号 4 を入力してスイッチ 1 1 0 2 を切り換えて、反転信号挿入部 1 1 0 1 で反転信号を挿入しないようにする。このようにして、信号フレームにおいて反転信号の区間を適応的に可変させることが可能となる。

## 【0 1 3 1】

次いで、このように反転信号を挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0 1 3 2】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に反転信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができ、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。また、反転信号の挿入の切り換えを行なうことができるので、信号フレームにおける反転信号の区間を適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。

## 【0 1 3 3】

## (実施の形態8)

本実施の形態においては、位相基準シンボル直後に挿入する反転信号のレベルを高くする場合について説明する。

## 【0 1 3 4】

図12は、本発明の実施の形態8に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図である。図12において、図9と同じ部分は図9と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【0 1 3 5】

図12に示すOFDM通信装置では、送信部において、同期用シンボルを挿入した信号に対してIFFT処理を施し、ガードインターバルを挿入した後に、反転信号を挿入する。このときに、反転信号のレベルを高くするため、利得部1201を設けている。

## 【0 1 3 6】

次に、上記構成を有するOFDM通信装置の動作について図12を用いて説明する。変調部101でデジタル変調された信号には、実施の形態1と同様にし、同期シンボル挿入部102で同期用シンボル201が挿入される。なお、同

期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。この位相基準シンボル 2 0 2 は、同期用シンボル 2 0 1 と同一の信号である。また、この位相基準シンボル 2 0 2 の挿入は、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同様に行われる。

## 【0 1 3 7】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。次いで、I F F T 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

## 【0 1 3 8】

次いで、ガードインターバルを挿入した信号は、反転信号挿入部 9 0 1 で反転信号が挿入される。この反転信号は、利得部 1 2 0 1 でレベルが高くされる。利得の程度については、通信環境や遅延波の数などに応じて適宜設定する。

## 【0 1 3 9】

次いで、このように反転信号を挿入した信号は、D/A 変換部 1 0 6 で D/A 変換される。その後、D/A 変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0 1 4 0】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

## 【0 1 4 1】

本実施の形態においては、図 1 0 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に反転信号 1 0 0 1 が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、反転信号のレベルを高くしているので、たとえ信号パワが高くて、両者が打ち消しあって相関結果は非常に小さいものとなる。このため、F F T 処理開

始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができる。

【 0 1 4 2 】

A / D 変換処理されたベースバンド信号は、F F T 部 1 1 3 において、上記 F F T 処理開始タイミングから F F T 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

【 0 1 4 3 】

このように、本実施の形態の O F D M 通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に利得の高い反転信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【 0 1 4 4 】

(実施の形態 9)

本実施の形態においては、反転信号の利得を可変とする場合について説明する。

【 0 1 4 5 】

図 1 3 は、本発明の実施の形態 9 に係る O F D M 通信装置の構成を示すブロック図である。図 1 3 において、図 1 1 と同じ部分は図 1 1 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

【 0 1 4 6 】

図 1 3 に示す O F D M 通信装置は、判定部 1 1 5 における判定前の信号と判定後の信号との差分をとる第 1 減算部 1 1 0 5 と、この減算結果と所定のしきい値との間で減算処理を行なう第 2 減算部 1 1 0 4 と、この第 2 減算部の減算結果の大小判定を行なう判定部 1 1 0 3 と、この判定結果に応じて反転信号の利得を切り換えるスイッチ 1 3 0 2 と、位相基準シンボル直後に反転信号を挿入する反転

信号挿入部 1 3 0 1 と、反転信号のレベルを変える利得部 1 2 0 1 とを含む。

【 0 1 4 7 】

反転信号挿入部 1 3 0 1 は、スイッチで構成されており、反転信号を挿入する旨の制御信号 3 が入力されたときにスイッチが切り換わり、反転信号を挿入するようになっている。また、スイッチ 1 3 0 2 は、判定部 1 1 0 3 の判定結果に基づいて反転信号の利得を切り換えを行なう。

【 0 1 4 8 】

次に、上記構成を有する OFDM 通信装置の動作について図 1 3 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にして、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。

【 0 1 4 9 】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、IFFT 部 1 0 4 に送られ、IFFT 演算される。次いで、IFFT 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

【 0 1 5 0 】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にして、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

【 0 1 5 1 】

本実施の形態においては、図 1 0 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に反転信号 1 0 0 1 が挿入されている。このため、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。

【 0 1 5 2 】

A/D 変換処理されたベースバンド信号は、FFT 部 1 1 3 において、上記 FFT 処理開始タイミングから FFT 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号とな

る。

【0 1 5 3】

上記の場合において、判定前後の信号が第1減算部1105に送られて、両者の差分が求められる。この差分は第2減算部1104に送られて、しきい値と比較される。この比較結果が判定部1103で判定される。このしきい値よりも差分が大きい場合には、通信環境が悪いと判断して、すなわち反転信号のレベルが低いと判断して反転信号のレベルを高くするような制御を行なう。

【0 1 5 4】

具体的には、反転信号のレベルを高くする場合には、スイッチ1302を切り換えて、利得部1201でレベルを高くした反転信号を反転信号挿入部1301に送り、そこでレベルの高い反転信号を挿入する。一方、反転信号のレベルを高くする必要がない場合には、スイッチ1302を切り換えて、そのままのレベルの反転信号を反転信号挿入部1301に送り、そこで反転信号を挿入する。このようにして、信号フレームにおいて反転信号のレベルを適応的に可変させることが可能となる。

【0 1 5 5】

次いで、このように反転信号を挿入した信号は、D/A変換部106でD/A変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

【0 1 5 6】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に反転信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができ、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。また、反転信号のレベルの切り換えを行なって反転信号のレベルを適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。

【0 1 5 7】

(実施の形態10)

本実施の形態においては、受信品質情報の平均を用いて反転信号の利得を可変とする場合について説明する。

## 【0 1 5 8】

図 1 4 は、本発明の実施の形態 1 0 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。図 1 4 において、図 1 3 と同じ部分は図 1 3 と同じ符号を付してその詳細な説明は省略する。

## 【0 1 5 9】

図 1 4 に示す OFDM 通信装置は、判定部 1 1 5 における判定前の信号と判定後の信号との差分をとる第 1 減算部 1 1 0 5 の減算結果のバースト平均を算出する平均部 1 4 0 1 を含む。

## 【0 1 6 0】

この平均部 1 4 0 1 では、第 1 減算部 1 1 0 5 のバースト平均をとるので、突発的にしきい値を超えたことにより、反転信号の利得を上げてしまうことを防止できる。これにより、他への干渉を小さくすることができる。

## 【0 1 6 1】

次に、上記構成を有する OFDM 通信装置の動作について図 1 4 を用いて説明する。変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、実施の形態 1 と同様にし、同期シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボル 2 0 1 が挿入される。なお、同期用シンボル 2 0 1 の後には、位相基準シンボル 2 0 2 が挿入される。

## 【0 1 6 2】

同期用シンボル 2 0 1 が挿入された信号は、IFFT 部 1 0 4 に送られ、IFFT 演算される。次いで、IFFT 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバル（ガード区間）2 0 4 が挿入される。

## 【0 1 6 3】

一方、アンテナから受信された信号は、通常の無線受信処理に供される。ベースバンド信号については、実施の形態 1 と同様にし、ガードインターバルを用いてシンボル同期を確立する。

## 【0 1 6 4】

本実施の形態においては、図 1 0 に示すように、信号のフレーム中において、

位相基準シンボル 2 0 2 の後に反転信号 1 0 0 1 が挿入されている。このため、受信信号と 1 シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の反転信号と位相基準シンボルとの間で相関処理がなされる。

## 【 0 1 6 5 】

A/D変換処理されたベースバンド信号は、FFT部 1 1 3 において、上記 FFT 処理開始タイミングから FFT 処理され、各サブキャリアに割り当てられた信号が得られる。さらに、この信号は、復調部 1 1 4 に送られ、そこで遅延検波遅延検波処理され、判定部 1 1 5 で 1 ビット前の信号と比較されて復調信号となる。

## 【 0 1 6 6 】

上記の場合において、判定前後の信号が第 1 減算部 1 1 0 5 に送られて、両者の差分が求められる。この差分は平均部 1 4 0 1 に送られ、バースト平均が算出される。この平均値が第 2 減算部 1 1 0 4 に送られて、しきい値と比較される。この比較結果が判定部 1 1 0 3 で判定される。このしきい値よりも差分が大きい場合には、通信環境が悪いと判断して、すなわち反転信号のレベルが低いと判断して反転信号のレベルを高くするような制御を行なう。

## 【 0 1 6 7 】

具体的には、反転信号のレベルを高くする場合には、スイッチ 1 3 0 2 を切り換えて、利得部 1 2 0 1 でレベルを高くした反転信号を反転信号挿入部 1 3 0 1 に送り、そこでレベルの高い反転信号を挿入する。一方、反転信号のレベルを高くする必要がない場合には、スイッチ 1 3 0 2 を切り換えて、そのままのレベルの反転信号を反転信号挿入部 1 3 0 1 に送り、そこで反転信号を挿入する。このようにして、信号フレームにおいて反転信号のレベルを適応的に可変させることが可能となる。

## 【 0 1 6 8 】

次いで、このように反転信号を挿入した信号は、D/A変換部 1 0 6 で D/A 変換される。その後、D/A変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。すなわち、上記信号は、図示しない無線送信部で周波数変換及び増幅され、アンテナから送信される。

## 【0169】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に反転信号を挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができ、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。また、反転信号のレベルの切り換えを行なって反転信号のレベルを適応的に可変とすることができ、通信環境に応じて柔軟に処理を対応させることができる。この場合、第1減算部1105のバースト平均をとるので、突発的にしきい値を超えたことにより、反転信号の利得を上げてしまうことを防止できる。これにより、他への干渉を小さくすることができる。

## 【0170】

## (実施の形態11)

本実施の形態においては、上述した実施の形態におけるものとは異なる同期引き込み方法を採用する場合について、図15を用いて説明する。同期引き込み方法としては、受信信号とこの受信信号を1シンボル遅延させた信号との相関結果の最大値を検出する方法（上記実施の形態における方法）の他に、位相基準シンボル（パイロットシンボル）をIFFT処理した信号と受信信号との相関結果の最大値を検出する方法がある。本実施の形態に係るOFDM通信装置は、この同期引き込み方法を採用する。なお、ここでは、一例として、実施の形態1に係るOFDM通信装置においてこの同期引き込み方法を採用した場合について説明する。

## 【0171】

図15は、本発明の実施の形態11に係るOFDM通信装置の構成を示すブロック図である。図15において、図1と同じ部分には図1と同じ符号を付して、その詳細な説明は省略する。

## 【0172】

図15に示すOFDM通信装置は、受信部において、位相基準シンボル（パイロットシンボル）をIFFT処理した信号と受信信号との相関値を算出する相関器1501を含む。この相関器1501の内部構成について、図16を用いて説

明する。

【0 1 7 3】

図 1 6 は、実施の形態 1 1 に係る OFDM 通信装置における相関器 1 5 0 1 の内部構成を示すブロック図である。図 1 6 に示すように、相関器 1 5 0 1 は、A/D 変換器 1 0 7 が出力した信号（受信信号）と位相基準シンボルを IFFT 処理した信号とを入力する。具体的には、相関器 1 5 0 1 は、IFFT 処理におけるサンプル数を  $n$  とすれば、位相基準シンボルを IFFT 処理した信号における 1 番目～ $n$  番目のサンプル点の信号（図中  $ref\ 1 \sim ref\ n$ ）を入力する。

【0 1 7 4】

また、相関器 1 5 0 1 は、図 1 6 に示すように、乗算器 1 6 0 1 a～1 6 0 1 n と、遅延器 1 6 0 2 a～1 6 0 2 n と、加算器 1 6 0 3 a～1 6 0 3 n と、を含む。上記構成を有する相関器 1 5 0 1 は、加算器 1 6 0 3 n より、受信信号と位相基準シンボルを IFFT 処理した信号との相関値を算出する。

【0 1 7 5】

相関器 1 5 0 1 から出力された相関値は、減算部 1 1 1 に送られて、実施の形態 1 で説明したものと同様の処理がなされる。このようにして、同期引き込み処理がなされる。

【0 1 7 6】

本実施の形態においては、図 2 に示すように、信号のフレーム中において、位相基準シンボル 2 0 2 の後に 0 シンボル 2 0 3 が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、位相基準シンボルを IFFT 処理した信号と受信信号との間で相関をとったときに、受信信号の 0 シンボルと位相基準シンボルを IFFT 処理した信号との間で相関処理がなされる。この場合、0 シンボルとの間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くても、相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT 処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができる。

【0 1 7 7】

このように、本実施の形態の OFDM 通信装置は、同期引き込み処理に用いる

位相基準シンボルの直後に 0 シンボルを挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

## 【0178】

なお、本実施の形態においては、上記同期引き込み方法を実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置に採用した場合について説明したが、本発明は、上記同期引き込み方法を実施の形態 2 ～実施の形態 10 に採用した場合にも適用することができる。

## 【0179】

## (実施の形態 12)

本実施の形態においては、位相基準シンボルを I F F T 処理した信号と受信信号との相関をとる相関器において、乗算器に代えて、I F F T 処理した信号に対して硬判定を行う手段を用いる場合について、図 17 を用いて説明する。

## 【0180】

図 17 は、本発明の実施の形態 11 に係る OFDM 通信装置の相関器における硬判定部の構成を示すブロック図である。図 17 に示す硬判定部は、図 16 に示した相関器において、乗算部 1601a ～乗算部 1601n のそれぞれに代えて設けられる。硬判定部 1701 は、A/D 変換器 107 が出力した信号（受信信号）に対する硬判定値を出力する。セクタ 1702 は、硬判定部 1701 からの信号すなわち硬判定値と、受信信号すなわち軟判定値と、の相関をとる。

## 【0181】

このように、本実施の形態に係る OFDM 装置においては、乗算器を用いることなく構成された相関器を備えるので、ハード規模を大幅に削減することができる。

## 【0182】

## (実施の形態 13)

本実施の形態においては、上述した 2 種類の方法とは異なる同期引き込み方法

を採用する場合について、図 18 を用いて説明する。上述した図 22 に示したフレームにおける同期用シンボル 21 および位相基準シンボル 22 を用いた同期引き込み方法の他に、図 24 に示したフレームにおける同期用シンボルを用いた同期引き込み方法がある。本実施の形態に係る OFDM 通信装置は、この同期引き込み方法を採用する。なお、ここでは、一例として、実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置においてこの同期引き込み方法を採用した場合について、実施の形態 12 を参照しつつ、図 18 を用いて説明する。

#### 【0183】

図 18 は、本発明の実施の形態 13 に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図である。図 18 に示すフレームは、図 24 に示したフレームにおける位相基準シンボル 32 の直前に同期用シンボル 31 を付加したものである。本実施の形態に係る OFDM 通信装置は、図 18 に示すフレームにおける同期用シンボルを IFFT 処理した信号と受信信号との相関結果の最大値を検出する同期引き込み方法を採用する。

#### 【0184】

図 19 は、本発明の実施の形態 13 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。図 19 において、図 1 と同じ部分には図 1 と同じ符号を付して、その詳細な説明は省略する。

#### 【0185】

送信部において、変調部 101 でデジタル変調された信号には、同期用シンボル挿入部 1901 で同期用シンボル 1801 が挿入される。この同期用シンボル挿入部 1901 は、スイッチで構成されており、同期用シンボル 1801 を挿入する旨の制御信号 4 が入力されたときにスイッチが切り換わり、同期用シンボル 1801 を挿入するようになっている。

#### 【0186】

同期用シンボル 1801 が挿入された信号には、0 シンボル挿入部 103 で 0 シンボル 1802 が挿入される。この 0 シンボル挿入部 103 は、実施の形態 1 におけるものと同様である。

#### 【0187】

0 シンボル 1 8 0 2 が挿入された信号には、位相基準シンボル挿入部 1 9 0 2 で位相基準シンボル 1 8 0 3 および位相基準シンボル 1 8 0 4 が挿入される。この位相基準シンボル挿入部 1 9 0 2 は、スイッチで構成されており、位相基準シンボル 1 8 0 3 及び位相基準シンボル 1 8 0 4 を挿入する旨の制御信号 5 が入力されたときにスイッチが切り換わり、位相基準シンボル 1 8 0 3 および位相基準シンボル 1 8 0 4 を挿入するようになっている。

## 【 0 1 8 8 】

このように同期用シンボル 1 8 0 1、0 シンボル 1 8 0 2 及び上記各位相基準シンボルが挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。

## 【 0 1 8 9 】

受信部において、A / D 変換器 1 0 7 が出力した信号（受信信号）は、F F T 部 1 1 3 と相関器 1 9 0 3 に送られる。相関器 1 9 0 3 は、受信信号と同期用シンボルを I F F T 処理した信号との相関値を算出するものである。この相関器 1 9 0 3 が、実施の形態 1 2 における相関器 1 5 0 1 と相違する点は、位相基準シンボルを I F F T 処理した信号に代えて、同期用シンボルを I F F T 処理した信号を入力することである。

## 【 0 1 9 0 】

相関器 1 9 0 3 から出力された相関値は、減算部 1 1 1 に送られて、実施の形態 1 で説明したものと同様の処理がなされる。このようにして、同期引き込み処理がなされる。

## 【 0 1 9 1 】

本実施の形態においては、図 2 に示すように、信号のフレーム中において、同期用シンボル 1 8 0 1 の後に 0 シンボル 1 8 0 2 が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、同期用シンボルを I F F T 処理した信号と受信信号との間で相関をとったときに、受信信号の 0 シンボルと同期用シンボルを I F F T 処理した信号との間で相関処理がなされる。この場合、0 シンボルとの間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くて、相関結果は非常に小さいものとなる。このた

め、FFT処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができる。

【0192】

このように、本実施の形態のOFDM通信装置は、同期引き込み処理に用いる同期用シンボルの直後に0シンボルを挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確にFFT処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【0193】

また、本実施の形態に係るOFDM通信装置は、上述した実施の形態1～実施の形態12に係るOFDM通信装置に比べて、処理遅延を低減することができる。

【0194】

すなわち、実施の形態1～実施の形態12に係るOFDM通信装置においては、同期用シンボル201及び位相基準シンボル202を用いて同期引き込みが行われるので、同期誤差が存在しない場合には、位相基準シンボル202の直後に同期が確立される。ところが、同期用シンボル201又は位相基準シンボル202は、伝送路推定を行うために用いられるので、メモリに格納しておく必要があるものである。よって、同期用シンボル201又は位相基準シンボルに対応する1シンボル又は2シンボルだけ遅延が生ずることとなる。

【0195】

一方、本実施の形態に係るOFDM通信装置においては、同期用1801を用いて同期引き込みが行われるので、同期誤差が存在しない場合には、同期用シンボル1801の直後に同期が確立される。よって、実施の形態1～実施の形態12のように位相基準シンボル等をメモリに格納する必要がないので、本実施の形態に係るOFDM通信装置は、処理遅延を低減することができる。

【0196】

なお、本実施の形態においては、上記同期引き込み方法を実施の形態1に係る

OFDM通信装置に採用した場合について説明したが、本発明は、上記同期引き込み方法を実施の形態 2 ～実施の形態 1 0 に採用した場合にも適用することができる。

## 【0 1 9 7】

## (実施の形態 1 4)

本実施の形態においては、上述した 3 種類の方法とは異なる同期引き込み方法を採用する場合について説明する。図 2 4 に示したフレームにおける同期用シンボルを用いた同期引き込み方法としては、実施の形態 1 3 で説明した方法の他に、受信信号とこの受信信号を適宜遅延させた信号との相関結果の最大値を検出する方法がある。本実施の形態に係る OFDM 通信装置は、この同期引き込み方法を採用する。なお、ここでは、一例として、実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置においてこの同期引き込み方法を採用した場合について、実施の形態 1 3 を参照しつつ、図 2 0 を用いて説明する。

## 【0 1 9 8】

図 2 0 は、本発明の実施の形態 1 4 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図である。図 2 0 において、図 1 及び図 1 9 と同じ部分にはそれぞれ図 1 及び図 1 9 と同じ符号を付して、その詳細な説明は省略する。

## 【0 1 9 9】

本実施の形態においては、実施の形態 1 3 でのフレーム（図 1 8）と同様のものを用いる。ここでは、 $n$  の整数倍のサブキャリアのみに信号を配置した信号パターンが用いられるので、図 1 8 に示したフレームにおける同期用シンボル 1 8 0 1 は、 $1/n$  周期で同じ波形が繰り返されたものである。以下、一例として  $n$  を 4 とした場合について説明するが、本発明は、 $n$  を適宜変更した場合にも適用可能であることはいうまでもない。

## 【0 2 0 0】

受信部において、A/D 変換器 1 0 7 が出力した信号（受信信号）は、FFT 部 1 1 3 と乗算器 2 0 0 2 と遅延部 2 0 0 1 とに送られる。遅延部 2 0 0 1 は、受信信号を  $1/n$  シンボルだけ遅延させた信号を乗算器 2 0 0 2 に出力する。なお、ここでは、 $n$  が 4 の場合について説明しているので、遅延部 2 0 0 1 は、受

信信号を  $1/4$  シンボルだけ遅延させる。乗算器 2 0 0 2 は、A/D 変換器 1 0 7 が出力した信号と、遅延部 2 0 0 1 が出力した信号と、の相関をとる。すなわち、乗算器 2 0 0 2 は、受信信号とこの受信信号を  $1/4$  シンボル遅延させた信号との相関をとる。乗算器 2 0 0 2 による相関結果は積算部 1 1 0 に送られて、上述した実施の形態 1 と同様の処理がなされる。

#### 【0 2 0 1】

本実施の形態においては、図 1 8 に示すように、信号のフレーム中において、同期用シンボル 1 8 0 1 の後に 0 シンボル 1 8 0 2 が挿入されている。したがって、数十もの遅延波が受信されてくる状況下において、信号パワの高いものが含まれている場合、受信信号とこの受信信号を  $1/4$  シンボル遅延させた信号との間で相関をとったときに、受信信号の 0 シンボルと同期用シンボルとの間で相関処理がなされる。この場合、0 シンボルとの間で相関処理されるので、たとえ信号パワが高くても、相関結果は非常に小さいものとなる。このため、FFT 処理開始タイミング付近では、しきい値を超えるピークは特定されるので、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができる。

#### 【0 2 0 2】

このように、本実施の形態の OFDM 通信装置は、同期引き込み処理に用いる同期用シンボルの直後に 0 シンボルを挿入しているので、同期タイミング位置付近の相関出力を低減することができる。したがって、パワが高い信号が含まれていたとしても、しきい値を超える相関値を抑えることができる。その結果、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

#### 【0 2 0 3】

なお、本実施の形態においては、上記同期引き込み方法を実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置に採用した場合について説明したが、本発明は、上記同期引き込み方法を実施の形態 2 ～実施の形態 1 0 に採用した場合にも適用することができる。

#### 【0 2 0 4】

本発明の OFDM 通信装置は、無線通信システムにおける移動局装置のような

通信端末装置及び基地局装置に適用することができる。

【0205】

上記実施の形態 1 ～ 1 4 においては、遅延検波に用いる位相基準シンボルの直後に 0 シンボル（信号）や反転シンボル（信号）を挿入する場合について説明しているが、本発明は、同期検波に用いる位相基準シンボルであるパイロットシンボルの直後に 0 シンボル（信号）や反転シンボル（信号）を挿入する場合にも適用することができる。この場合、復調部 1 1 4 においては、遅延検波処理の代わりに同期検波処理がなされる。

【0206】

なお、本発明は、上記実施の形態 1 ～ 1 4 に限定されず、種々変更して実施することが可能である。また、上記実施の形態 1 ～ 1 4 は、適宜組み合わせて実施することが可能である。

【0207】

なお、同期引き込み方法として上記のような方法を用いた場合についてそれぞれ説明したが、本発明は、これに限定されず、受信信号を用いて相関値を算出し、算出結果の最大値を検出する工程を採用するものであれば、いかなる同期引き込み方法を用いた場合にも適用できるものである。このとき、相関値抑制用信号を、同期引き込み処理に用いられるシンボルすなわち相関値算出処理に用いられるシンボルの直後に挿入することは言うまでもない。

【0208】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の OFDM 通信装置は、遅延検波に使用する位相基準シンボル又は同期検波に使用するパイロットシンボルの後に相関値抑制用信号である 0 シンボル（0 信号）又は反転シンボル（反転信号）を挿入するので、数十もの遅延波が受信されてくる状況下においても、正確に FFT 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 2】

上記実施の形態に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 3】

本発明の実施の形態 2 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 4】

上記実施の形態に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 5】

本発明の実施の形態 3 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 6】

本発明の実施の形態 4 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 7】

本発明の実施の形態 5 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 8】

上記実施の形態に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 9】

本発明の実施の形態 6 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 10】

上記実施の形態に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 11】

本発明の実施の形態 7 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 12】

本発明の実施の形態 8 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 13】

本発明の実施の形態 9 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 14】

本発明の実施の形態 10 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 15】

本発明の実施の形態 11 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 16】

実施の形態 1 1 に係る OFDM 通信装置における相関器の内部構成を示すブロック図

【図 1 7】

実施の形態 1 1 に係る OFDM 通信装置の相関器における硬判定部の構成を示すブロック図

【図 1 8】

実施の形態 1 3 に係る OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 1 9】

実施の形態 1 3 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 2 0】

本発明の実施の形態 1 4 に係る OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 2 1】

従来の OFDM 通信装置の構成を示すブロック図

【図 2 2】

従来の OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

【図 2 3】

受信信号及び相関結果のタイミングを示す図

【図 2 4】

OFDM 通信装置において使用する信号のフレーム図

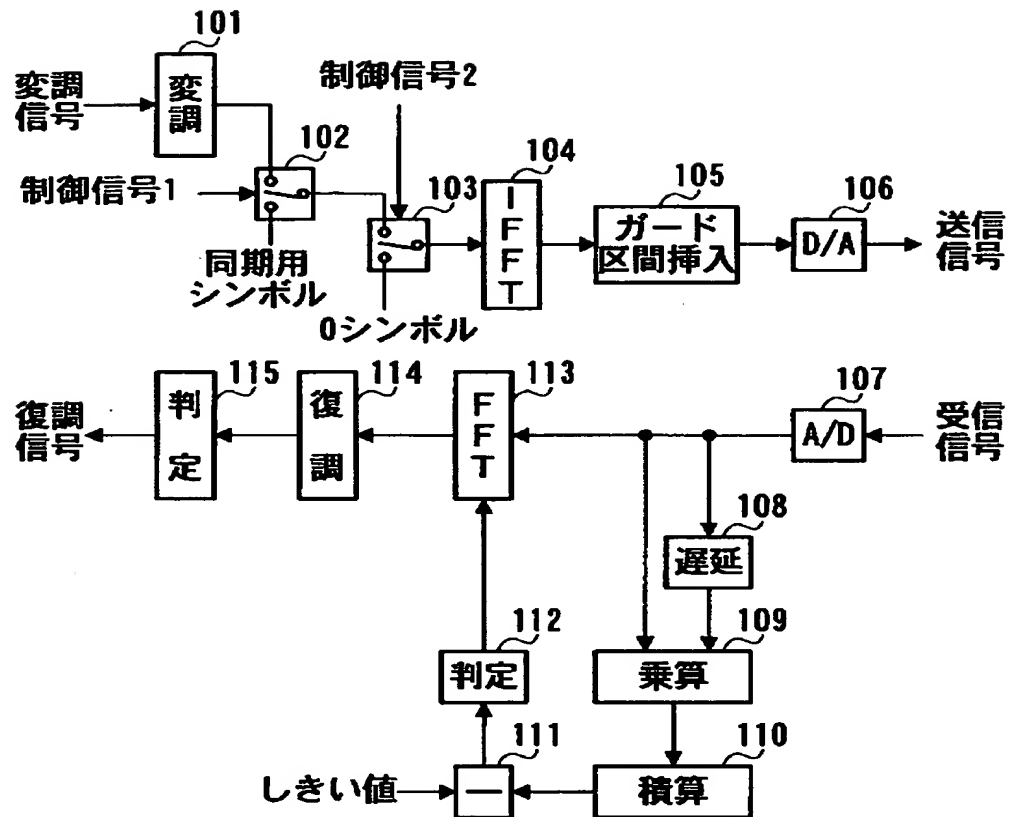
【符号の説明】

- 1 0 1 変調部
- 1 0 2 同期用シンボル挿入部
- 1 0 3 0 シンボル挿入部
- 1 0 4 I F F T 部
- 1 0 5 ガード区間挿入部
- 1 0 6 D / A 変換部
- 1 0 7 A / D 変換部
- 1 0 8 遅延部
- 1 0 9 乗算器

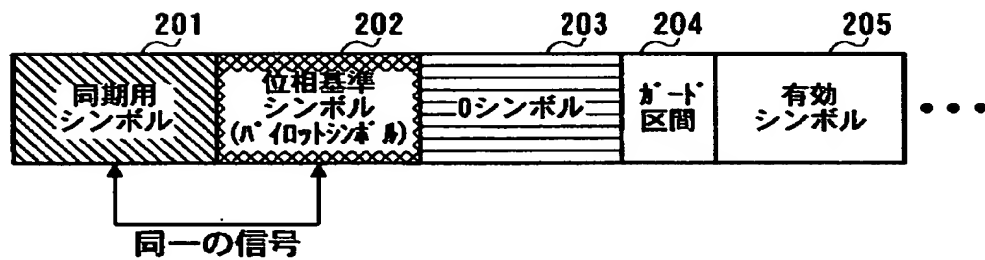
- 1 1 0 積算部
- 1 1 1 減算器
- 1 1 2, 1 1 5 判定部
- 1 1 3 F F T 部
- 1 1 4 復調部
- 2 0 1 同期用シンボル
- 2 0 2 位相基準シンボル
- 2 0 3 0 シンボル
- 2 0 4 ガード区間
- 2 0 5 有効シンボル

【書類名】 図面

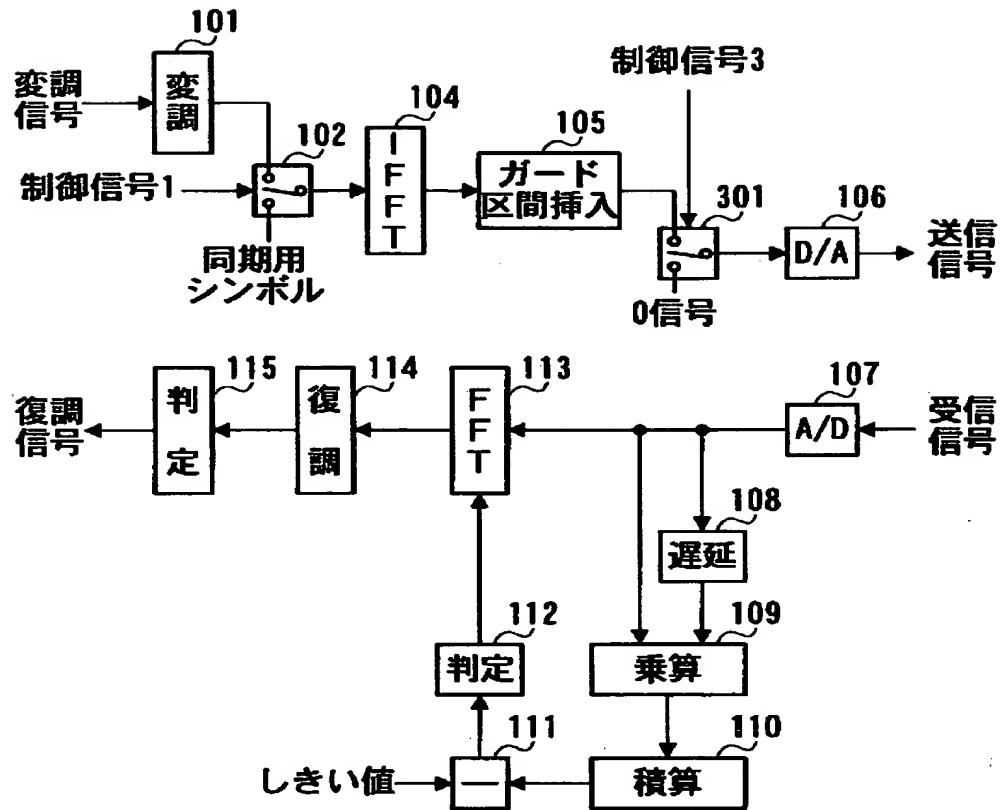
【図 1】



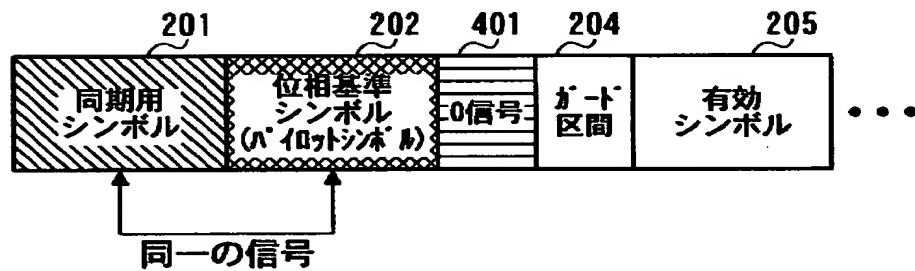
【図 2】



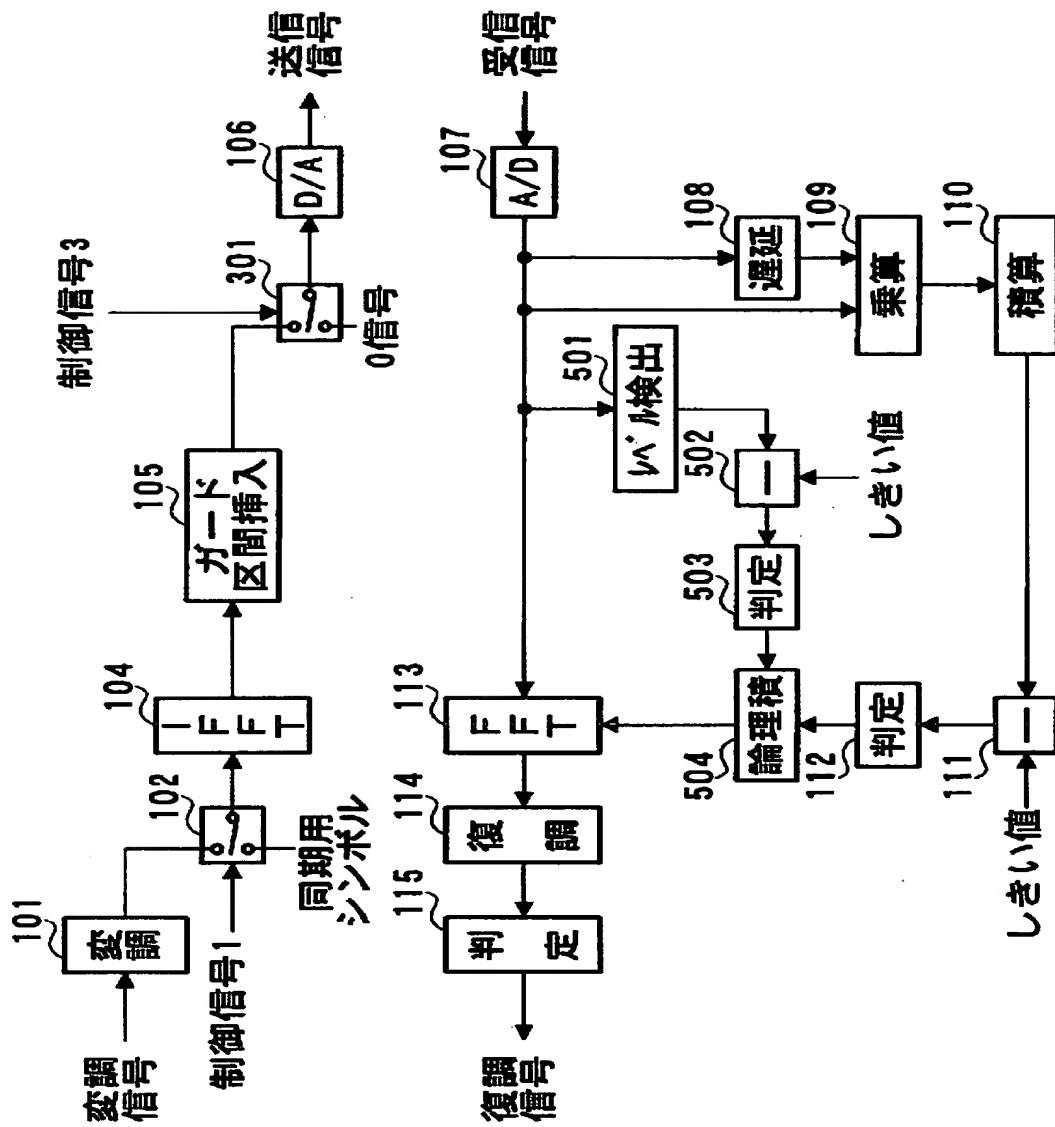
【図 3】



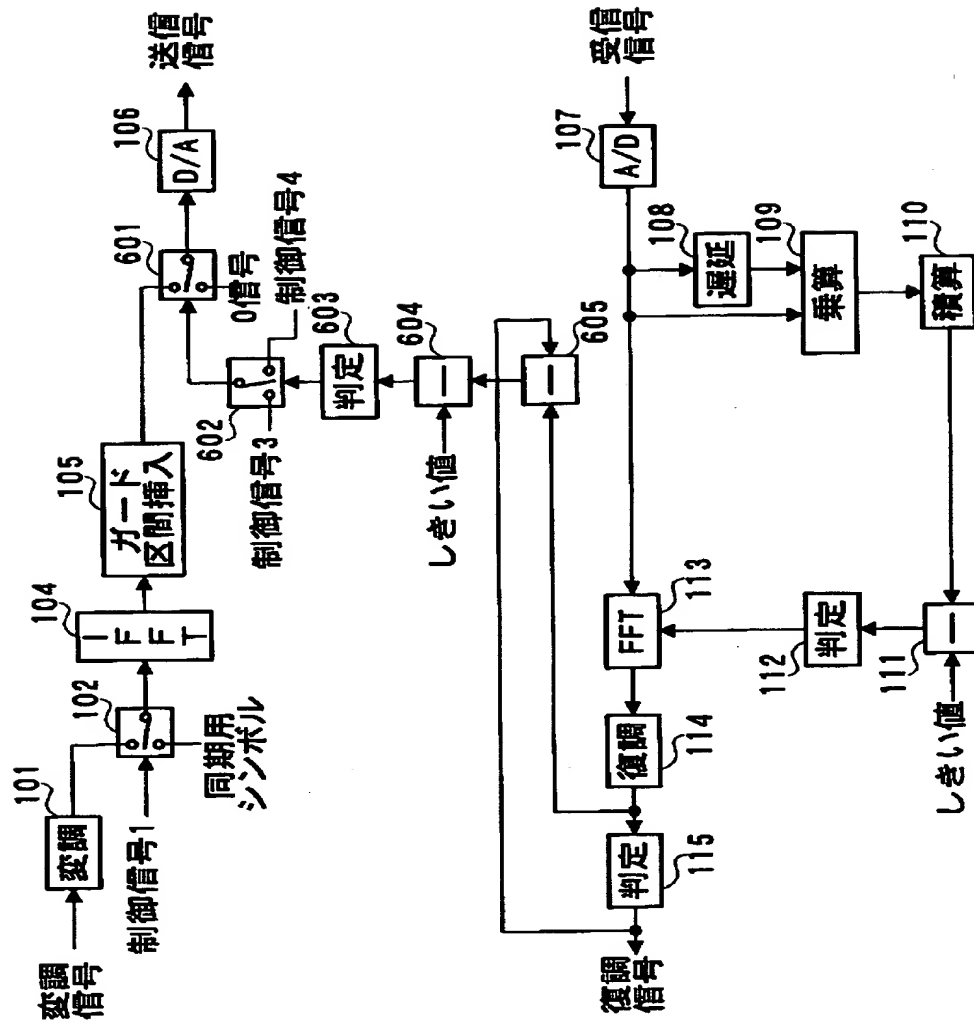
【図 4】



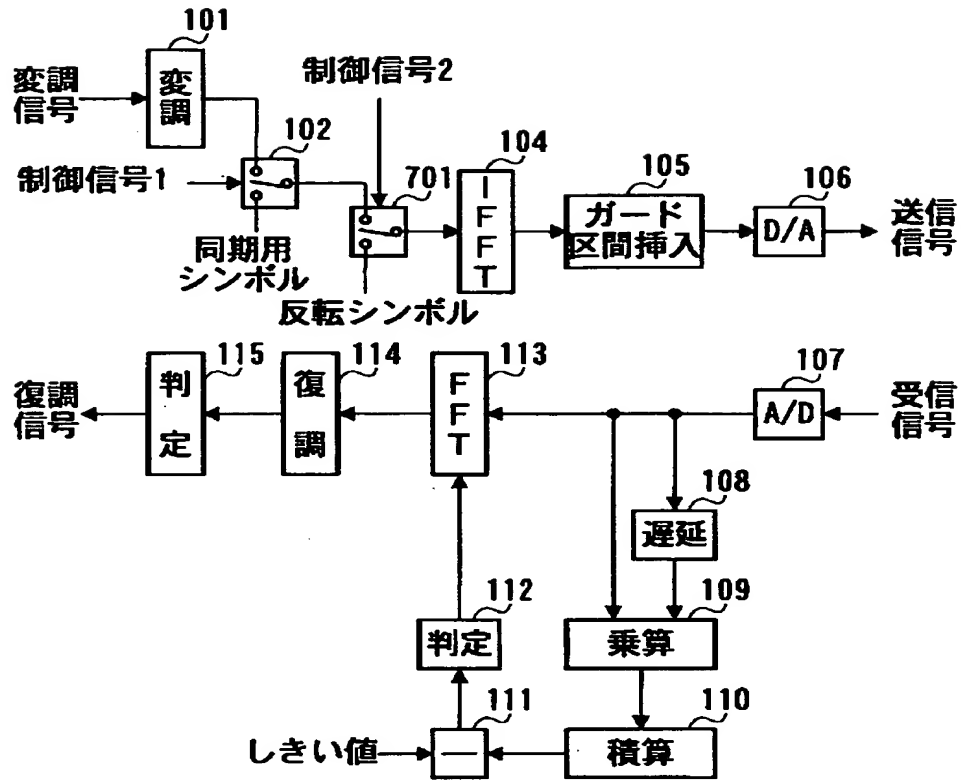
【図 5】



【図 6】



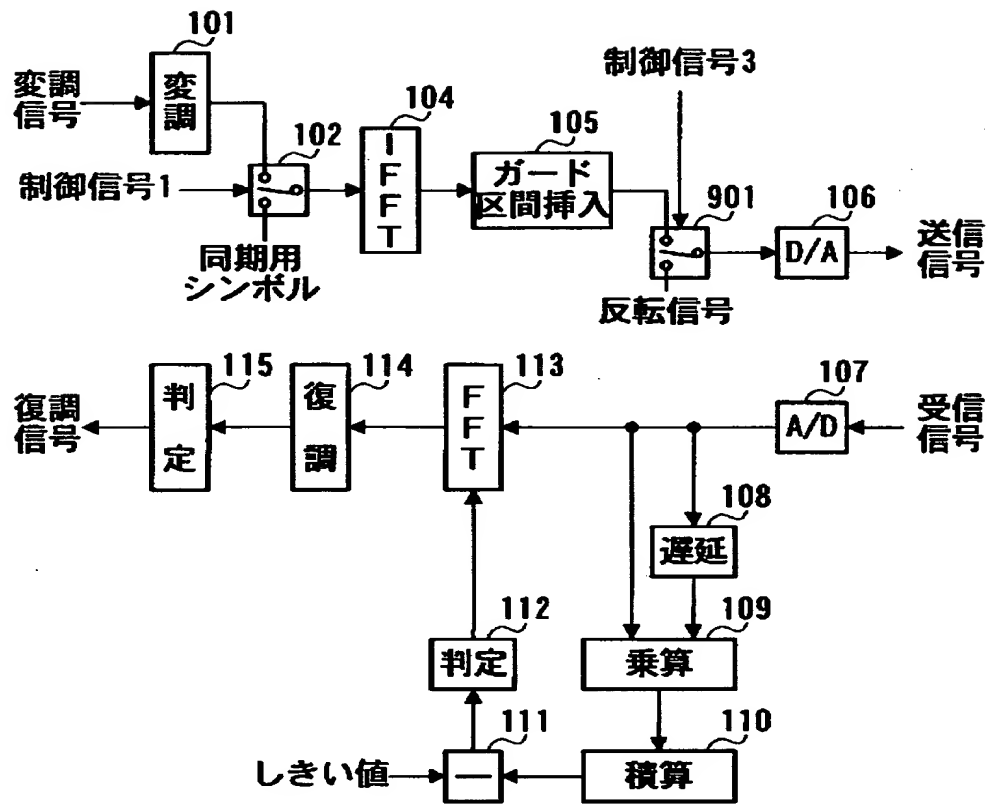
【図 7】



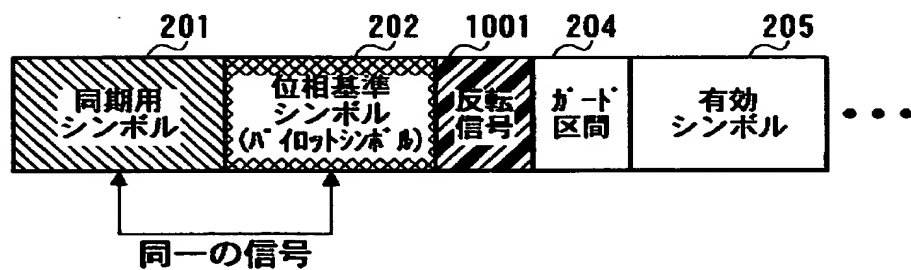
【図 8】



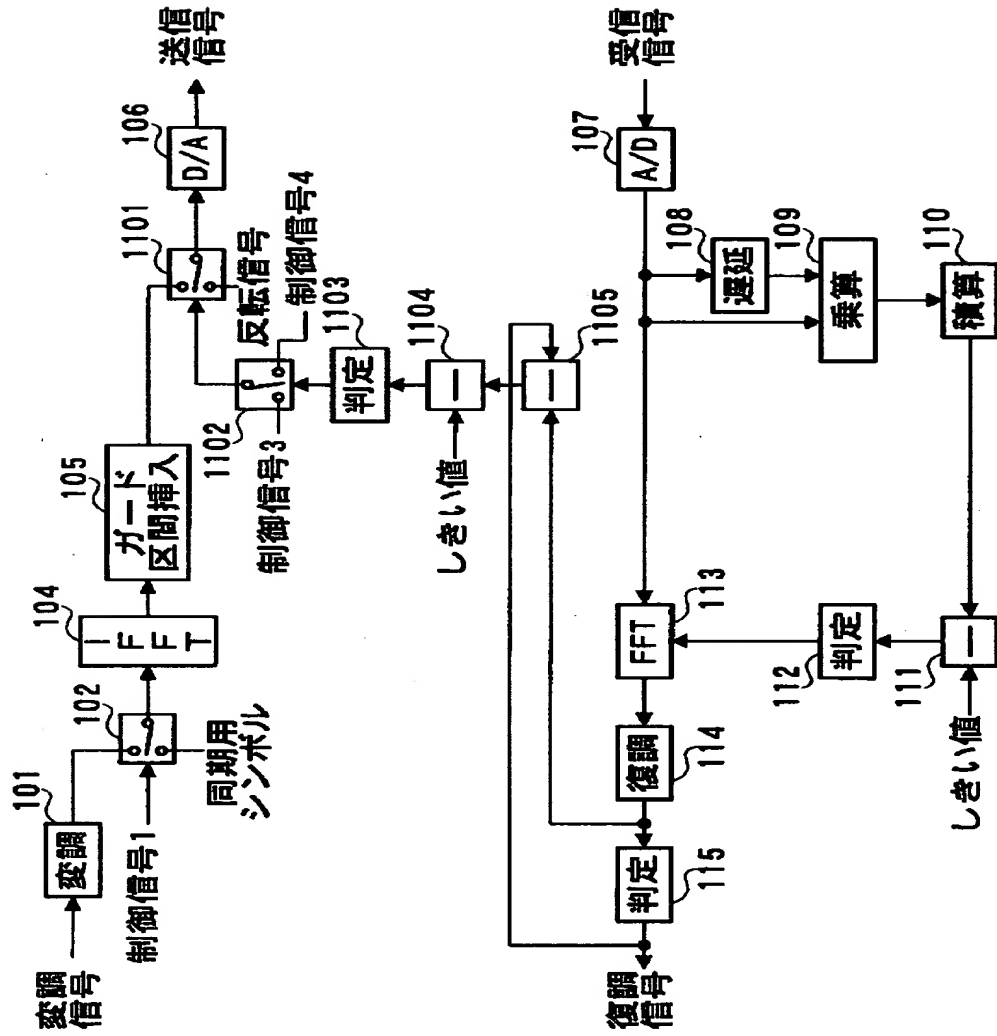
【図 9】



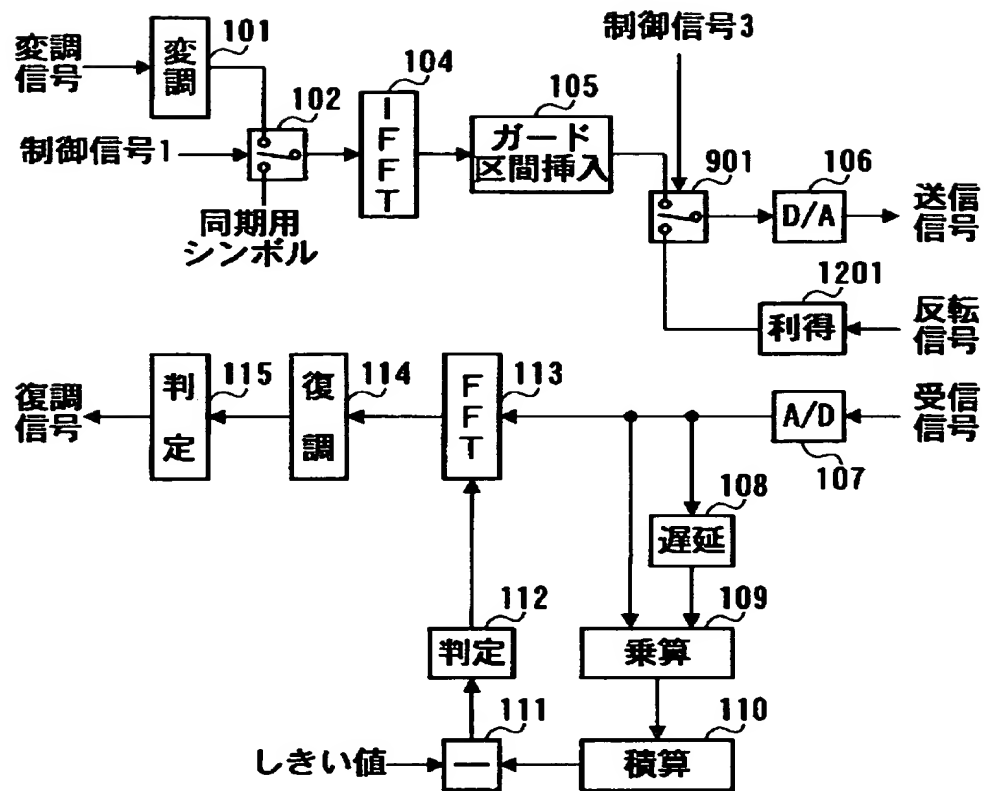
【図 1 0】



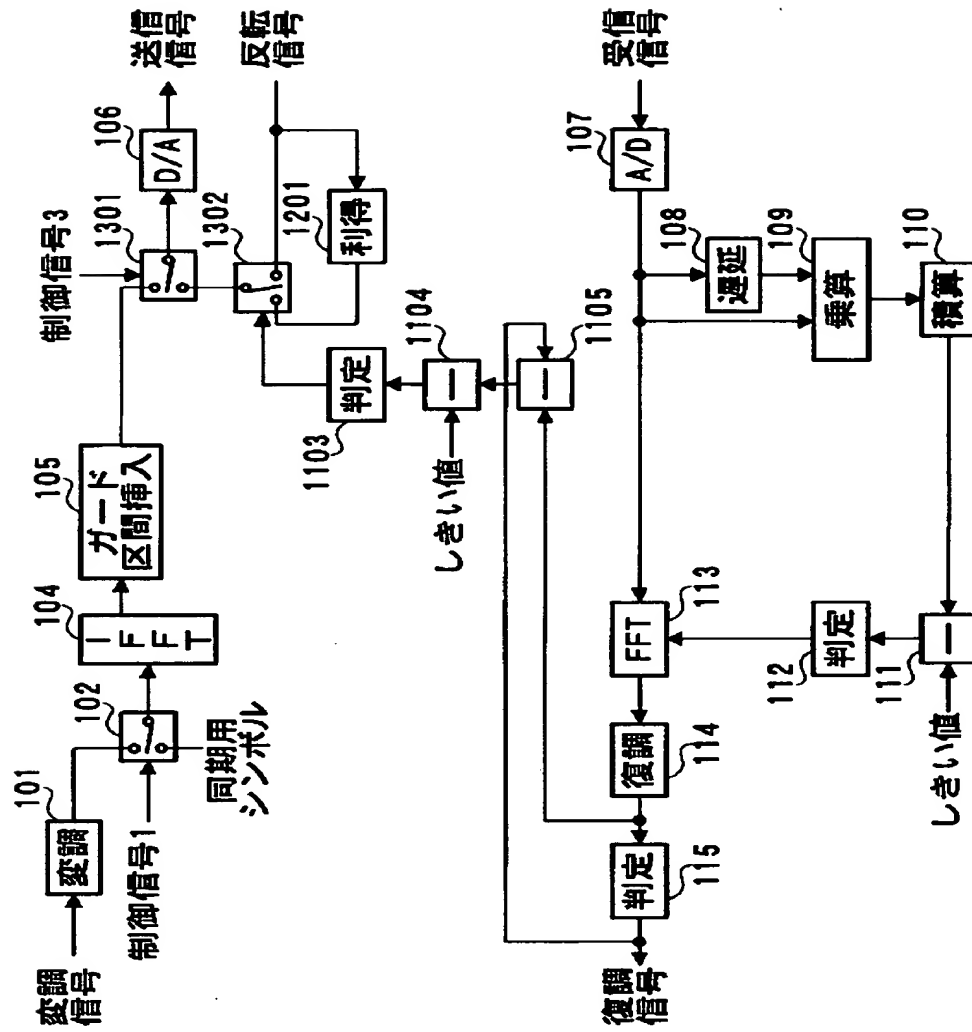
【図 1 1】



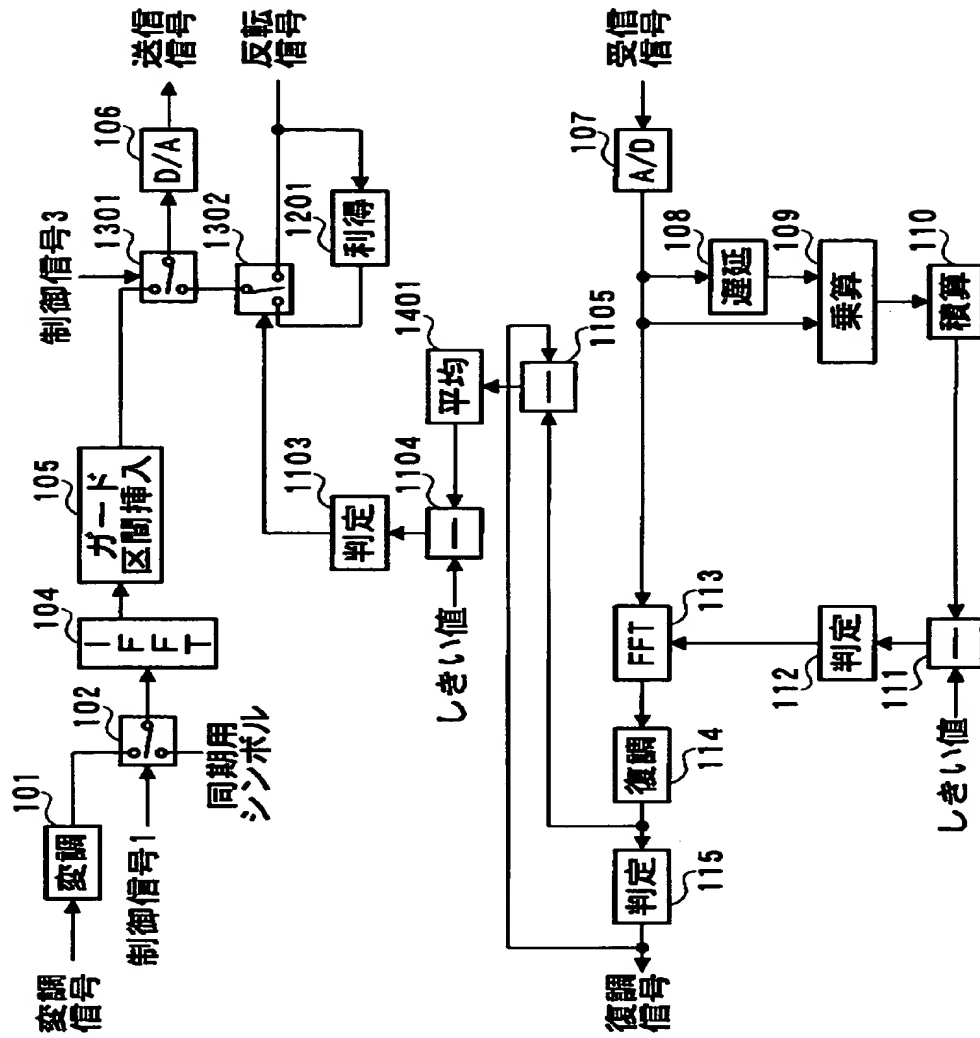
【図 1 2】



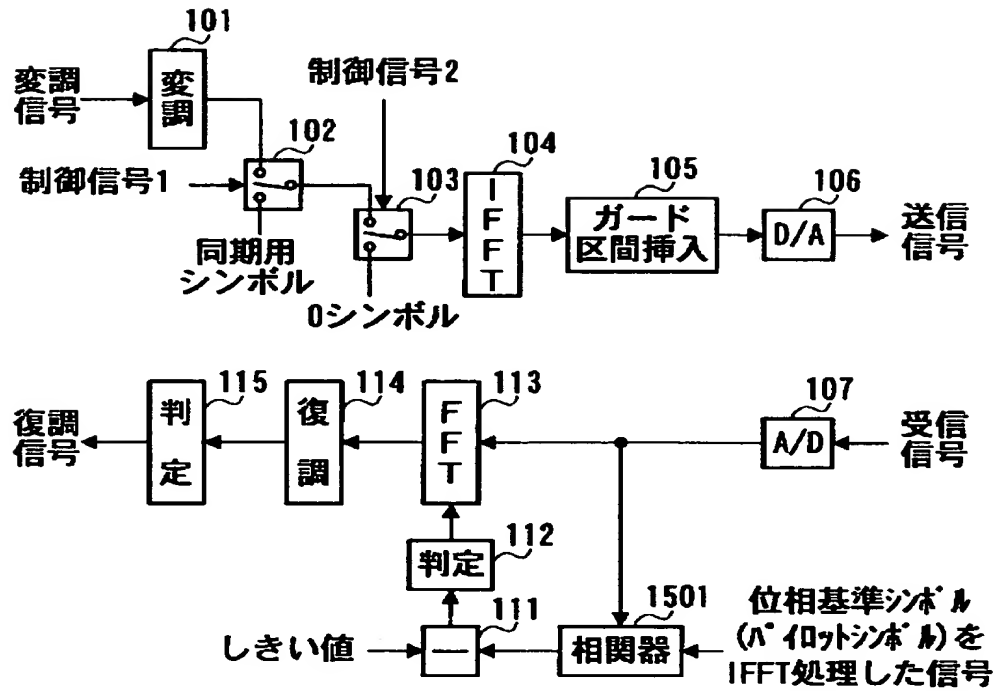
【図 1 3】



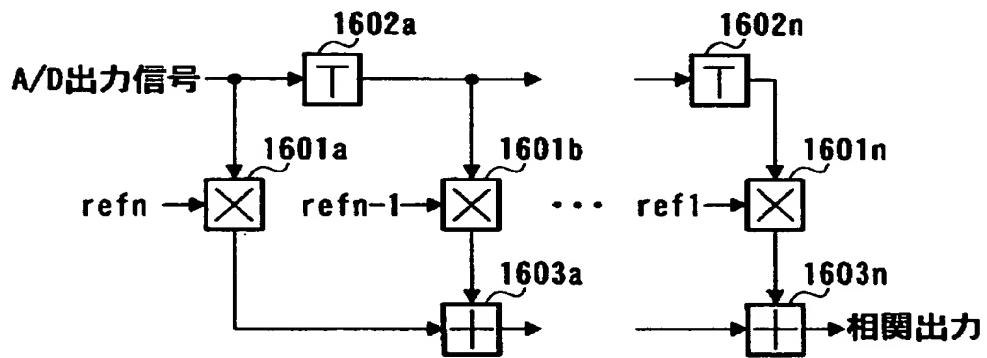
【図 1 4】



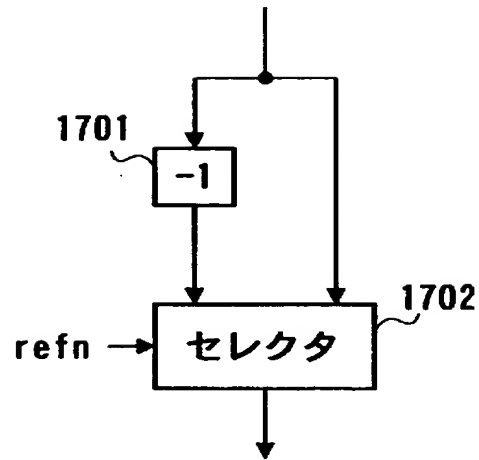
【図 1 5】



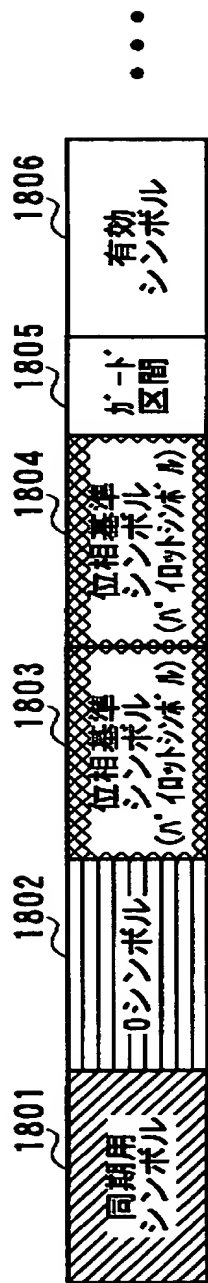
【図 1 6】



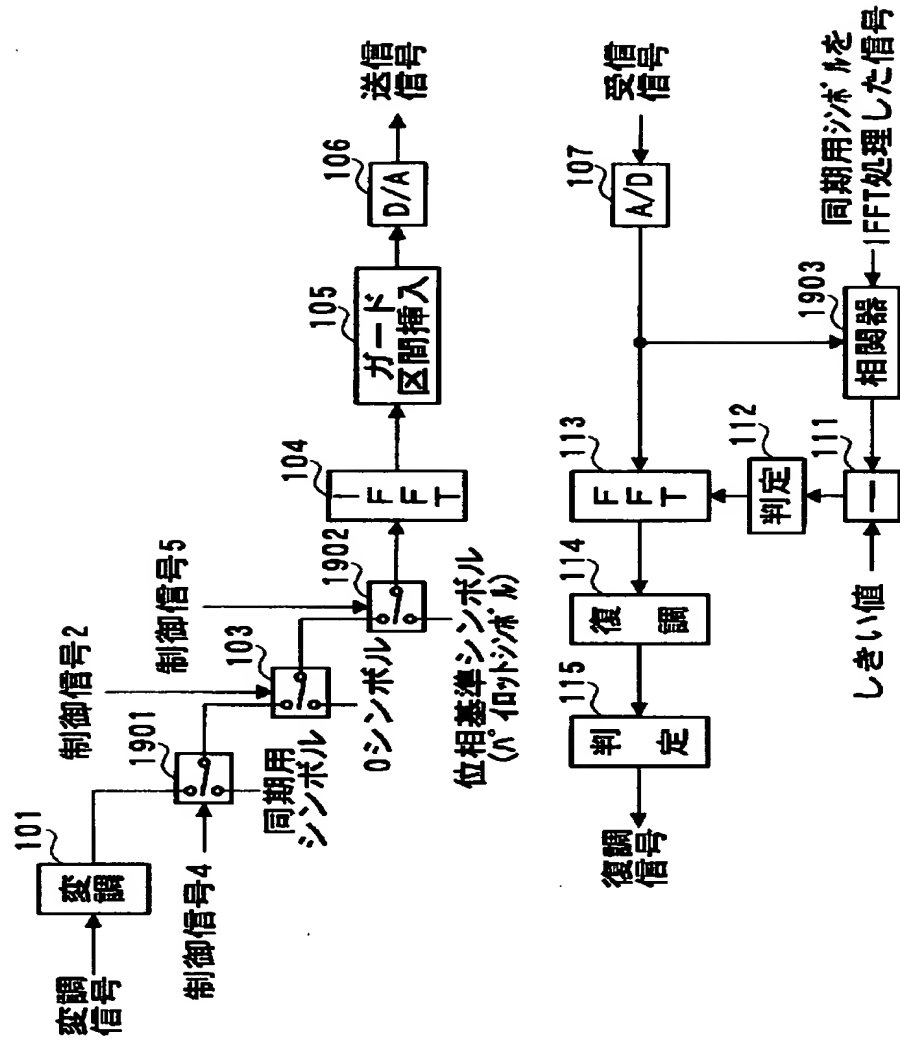
【図 1 7】



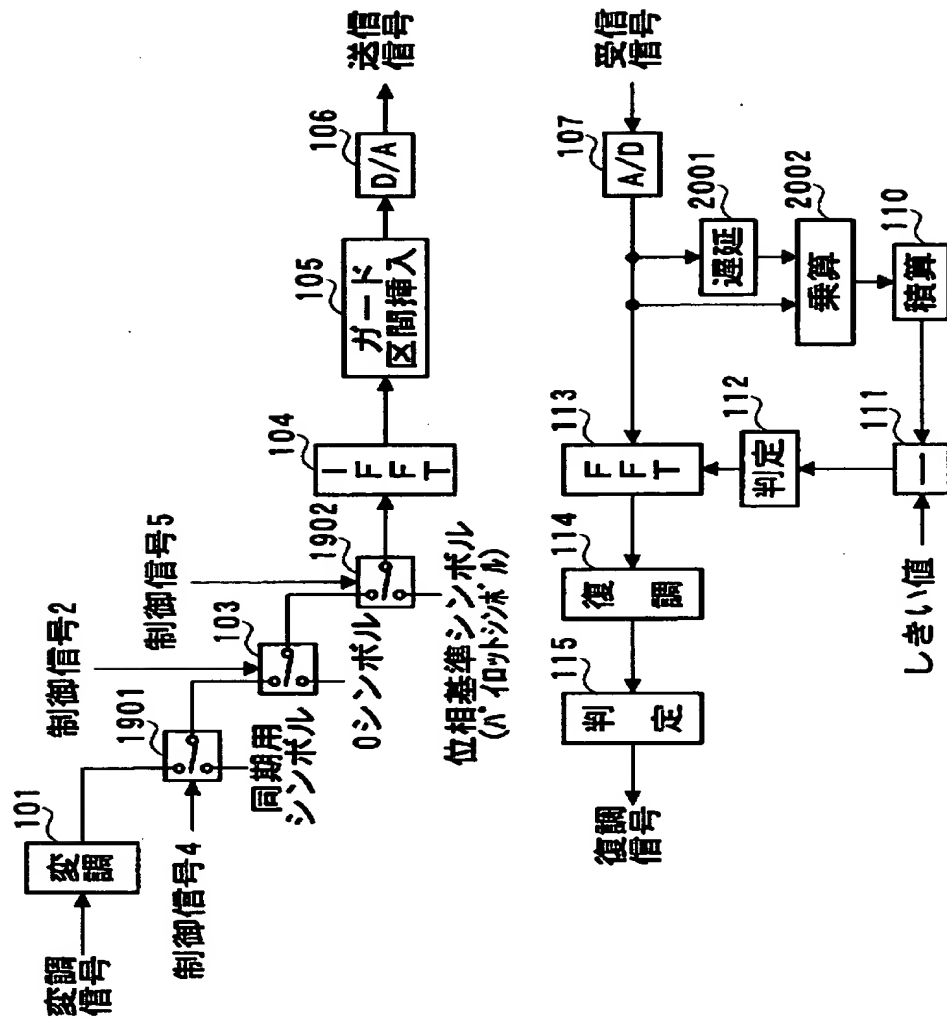
【図 1 8】



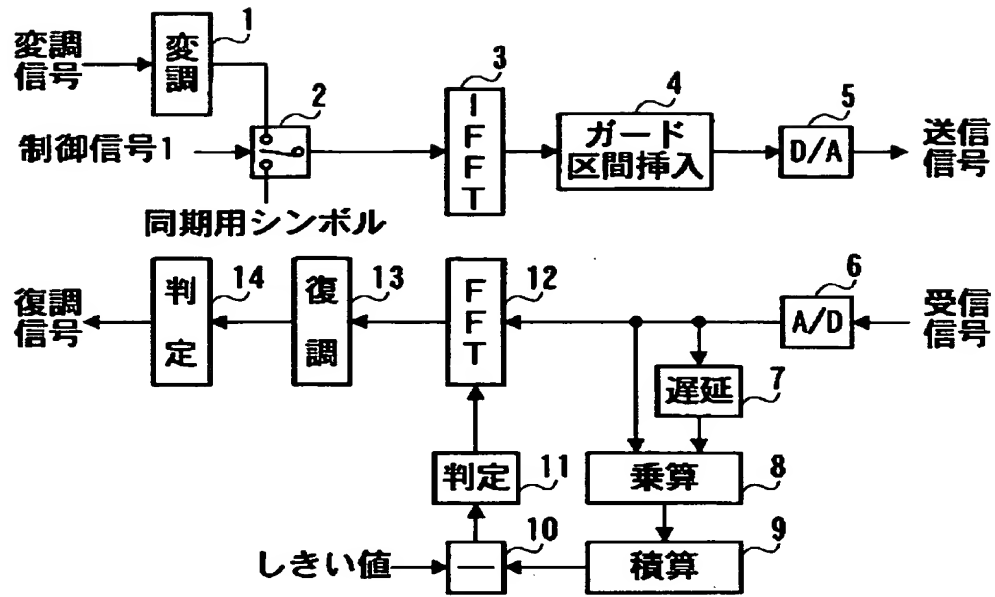
【図 1 9】



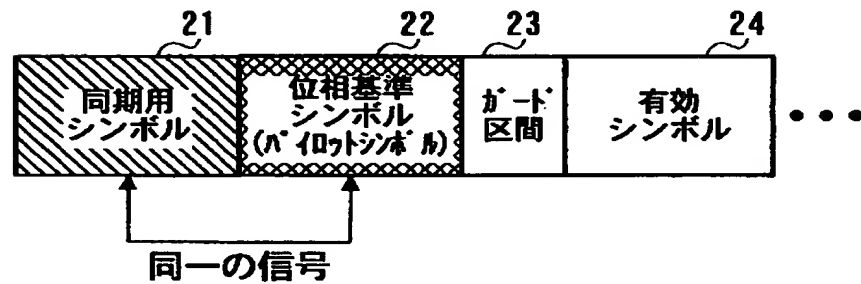
【図 2 0】



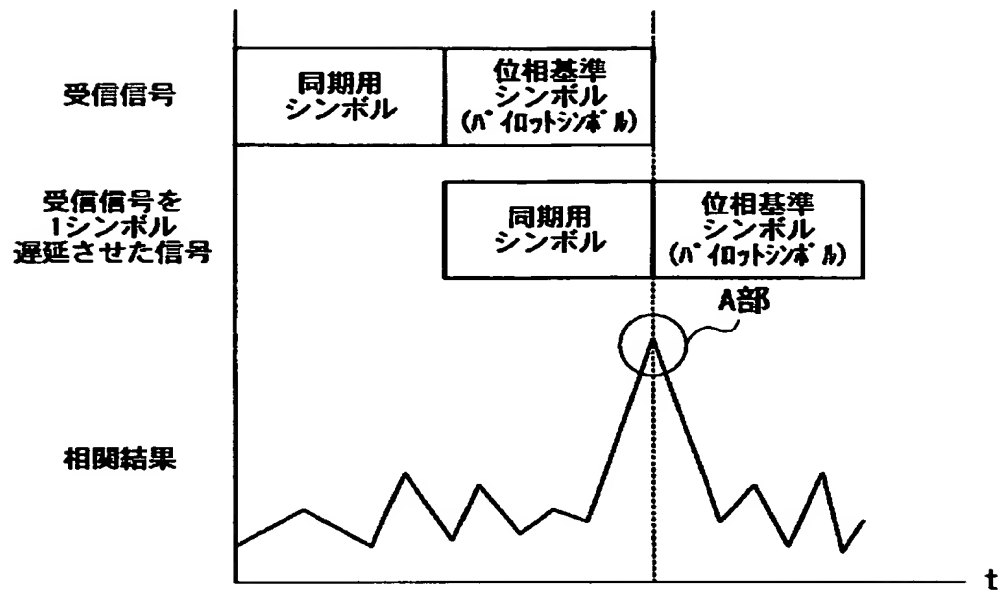
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 数十もの遅延波が受信されてくる状況下においても、正確に F F T 処理開始タイミングを検出することができ、同期ずれを防止することができること。

【解決手段】 変調部 1 0 1 でデジタル変調された信号には、同期用シンボル挿入部 1 0 2 で同期用シンボルが挿入される。同期用シンボルが挿入された信号には、0 シンボル挿入部 1 0 3 で 0 シンボルが挿入される。このように同期用シンボル及び 0 シンボルが挿入された信号は、I F F T 部 1 0 4 に送られ、I F F T 演算される。次いで、I F F T 変換された信号波形には、ガード区間挿入部 1 0 5 でガードインターバルが挿入される。次いで、このようにガードインターバルを挿入した信号は、D / A 変換部 1 0 6 で D / A 変換される。その後、D / A 変換された信号は、通常の無線送信処理に供された後に送信される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社